

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIRÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA VIAL**

**EVALUACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE Y
DEFORMACIÓN PERMANENTE DE UNA BASE
GRANULAR MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON
GEOMALLA**

AUTORES:

FAUSTO MARCELO MIRANDA NARVAEZ

ERNESTO ANDRÉS SÁNCHEZ QUINTERO

DIRECTOR: ING. GUSTAVO YÁNEZ

QUITO, 2015

AGRADECIMIENTO

La presente investigación va dirigido como muestra de agradecimiento a la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR y la FACULTAD DE INGENIERÍA por todos estos años de invaluable aprendizaje.

Queremos hacer presente nuestro agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una manera u otra han participado y ayudado para llevar a feliz término este estudio:

Al Ing. Gustavo Yáñez, Director de Disertación, al Ing. Fredi Paredes e Ing. Diego Egas, correctores de Disertación, quienes nos guiaron para realizar con éxito la presente investigación.

Al Laboratorio de Materiales de Construcción de la PUCE y especialmente al Ing. Eduardo Granda y al Ing. José Segovia, quienes nos colaboraron para la realización de todos los ensayos de nuestra investigación.

A la empresa PIVALTEC por su ayuda con investigaciones sobre Geomallas y además colaborando con las Geomallas para la elaboración de esta disertación.

A nuestras familias, amigos y a todas las personas que día a día nos brindaron su colaboración para la culminación de esta disertación

Toda esta ayuda, en todos los casos fue aceptada y recibida con profunda gratitud

FAUSTO MIRANDA

ANDRÉS SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Este logro obtenido lo dedico especialmente a mis padres María Elena y Freddy, ya que ellos siempre me han brindado su apoyo incondicional para lograr esta nueva etapa en mi vida.

A mis hermanos María Gabriela y Javier por haberme ayudado con todos los asuntos de trabajo mientras estuve estudiando la Maestría de Ingeniería Vial.

Y por último a mi enamorada y mis amigos que siempre estuvieron pendientes de mí a lo largo de toda la carrera de postgrado, además todas las personas del Laboratorio de Materiales de la PUCE que intervinieron y nos guiaron para lograr terminar la presente investigación.

ANDRÉS SÁNCHEZ

Este trabajo dedico a mi esposa Verónica por su apoyo incondicional y a mi hijo Felipe que ha sido la mayor motivación que he tenido

FAUSTO MIRANDA

INDICE GENERAL

1.	CAPÍTULO I <i>DEFINICIONES DE LOS MATERIALES</i>	1
1.1	Antecedentes	2
1.2	Objetivo	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivo Especifico	3
1.2.3	Alcance.....	3
2.	CAPITULO II <i>MARCO TEORICO</i>	4
2.1	Introducción.....	5
2.2	Pavimento	6
2.2.1	Subrasante	8
2.2.2	Subbases.....	10
2.2.2.1	Definición	10
2.2.2.2	Funciones	11
2.2.2.3	Tipos de Subbases.....	11
2.2.3	Bases	13
2.2.3.1	Definición	13
2.2.3.2	Funciones	13
2.2.3.3	Tipos de Base	14
2.2.4	Capas de Rodaduras	16
2.2.4.1	Descripción.....	16
2.2.4.2	Funciones	16
2.2.4.3	Tipos de capa de rodadura.....	17
2.2.5	Tipos de Pavimentos	17
2.2.5.1	Pavimentos Flexibles.....	18
2.2.5.2	Pavimento Semirígido	19
2.2.5.3	Pavimento Rígido	20
2.2.5.4	Pavimento Articulado	22
2.2.6	Diseño de la Estructura del Pavimento	23

2.2.6.1	Factores a Considerar en la Estructura del Pavimento	24
2.2.6.2	Metodologías de Diseño de Pavimentos Flexibles.....	25
2.3	Geosintéticos	32
2.3.1	Geotextiles.....	33
2.3.1.1	Clasificación.....	33
2.3.1.2	Funciones y Campos de Aplicación	35
2.3.2	Geomallas.....	40
2.3.2.1	Clasificación de las Geomallas	43
2.3.2.2	Mecanismo de Refuerzo con la Geomalla	45
2.3.2.3	Beneficios de la Geomalla	47
2.3.2.4	Comparación Geomalla Multi-Direccional con Geomalla Bi-Direccional..	48
2.3.2.5	Aplicaciones de las Geomallas	49
2.4	Módulo Resiliente	50
2.4.1	Formas de Obtener el Módulo Resiliente	53
2.4.1.1	Correlación con el Resultado de CBR.....	53
2.4.1.2	Modelos Utilizados para la Evaluación del Módulo Resiliente Materiales Granulares.....	55
2.4.2	Parámetros que Afectan al Módulo Resiliente.....	58
2.4.2.1	Presión de Confinamiento y Estado de Esfuerzos.....	58
2.4.2.2	Contenido de Agua.....	59
2.4.2.3	Contenido de Finos	59
2.5	Deformación Permanente	60
2.5.1	Parámetros que Afectan a la Deformación Permanente.....	61
2.5.1.1	Influencia del Esfuerzo Desviador	61
2.5.1.2	Influencia de la Historia del Esfuerzo.....	62
2.5.1.3	Influencia del Contenido de Agua	63
2.5.1.4	Influencia de la Densidad	64
2.5.1.5	Influencia de la Granulometría, Tamaño Máximo, Cantidad de Finos y Forma de la Partícula	66
3.	CAPITULO III CONCEPTOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	68
3.1	Ensayos a la Base Granular	69

3.1.1	Obtención de la Base Granular en Campo	69
3.1.2	Granulometría	69
3.1.3	Límites de Atterberg	69
3.1.3.1	Límite Líquido (ASTM D 4318-05).....	70
3.1.3.2	Límite Plástico (ASTM D 4318-05).....	70
3.1.3.3	Límite de Contracción (ASTM D 427-05).....	70
3.1.3.4	Índice Plástico (ASTM 4318-05)	70
3.1.4	Clasificación de la Base Granular (SUCS y AASHTO).....	71
3.1.4.1	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) (ASTM D-2488) ..	71
3.1.4.2	American Association of State Highway Officials (AASHTO).....	73
3.1.5	Contenido de Humedad (ASTM C566)	77
3.1.6	Gravedad Específica (ASTM C 127 y C 128)	77
3.1.7	Abrasión (ASTM C-535)	78
3.1.8	Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos (ASTM C-88)	78
3.1.9	Compactación (ASTM D 1557).....	79
3.1.10	California Bearing Ratio (ASTM D 1883)	79
3.2	Características de la Geomalla Multidireccional utilizada para la realización de los Ensayos	80
3.3	Ensayo del Módulo Resiliente (AASHTO T-307).....	82
3.3.1	Alcance.....	82
3.3.2	Resumen del Ensayo	83
3.3.3	Equipo para Realizar el Ensayo	85
3.3.4	Equipos para la Fabricación de la Muestra	88
3.4	Ensayo Triaxial de Carga Repetida según NCHRP Reporte 598.....	89
3.4.1	Alcance.....	89
3.4.2	Resumen del Método.....	89

4.	CAPITULO IV <i>ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	93
4.1	Ensayos a la Base Granular	94
4.2	Ensayo del Módulo Resiliente (AASHTO T-307)	96
4.3	Ensayo Triaxial de Carga Repetida (NCHRP 598 Proyecto 4-31).....	114
5.	CAPITULO IV <i>ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS</i>	132
5.1	Introducción.....	133
5.2	Presentación de Resultados	133
5.2.1	Caracterización de la Base Granular	133
5.2.2	Correlación del Módulo Resiliente con el CBR.....	134
5.2.3	Módulo Resiliente Sin Geomalla	134
5.2.4	Módulo Resiliente Con Geomalla.....	136
5.2.5	Deformación Permanente Sin Geomalla.....	138
5.2.6	Deformación Permanente Con Geomalla.....	139
5.3	Comparación de Resultados	140
6.	CAPITULO VI <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	143
6.1	Conclusiones	144
6.2	Recomendaciones	147
6.3	Bibliografía.....	148
6.4	Anexos.....	150

INDICE DE GRÁFICOS

Grafico 2-1 Esfuerzo en los Diferentes Tipos de Pavimentos	7
Grafico 2-2 Estructura del Pavimento.....	7
Grafico 2-3 Subrasante.....	9
Grafico 2-4 Subbases	10
Grafico 2-5 Bases.....	13

Grafico 2-6 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Flexibles	18
Grafico 2-7 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Semirígidos....	20
Grafico 2-8 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Rígidos.....	21
Grafico 2-9 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Articulado	22
Grafico 2-10 Sistema Multicapa Elástico para el Análisis de Pavimentos	29
Grafico 2-11 Variación de Esfuerzos con Respecto al Tiempo cuando se Aplica una Carga Vehicular	32
Grafico 2-12 Geotextil Tejido	34
Grafico 2-13 Función de Separación del Geotextil.....	36
Grafico 2-14 Función de Refuerzo del Geotextil.....	37
Grafico 2-15 Función de Drenaje del Geotextil.....	38
Grafico 2-16 Función de Protección del Geotextil	40
Grafico 2-17 Geomalla de Poliolefina	41
Grafico2-18 Geomalla de Hilo Recubierto	41
Grafico 2-19 Geomalla Realizadas por la Unión de Cintas	41
Grafico 2-20 Geomalla Mono-Direccional.....	43
Grafico 2-21 Geomalla Bi-Direccional.....	44
Grafico 2-22 Geomalla Multidireccional	45
Grafico 2-23 Mecanismos de refuerzo con la Geomalla.....	45
Grafico 2-24 Confinamiento Lateral de la Geomalla.....	46
Grafico 2-25 Mejoramiento de la Capacidad Portante.....	46
Grafico 2-26 Comparación de Rigidez Geomalla Multi-Direccional con Geomalla Bi-Direccional.....	49
Grafico 2-27 Condiciones de esfuerzos bajo el movimiento de la rueda cargada	51
Grafico 2-28 Mecanismo por el cual la Deformación Permanente se va Acumulando	52
Grafico 2-29 Deformación Acumulada con el Número de Aplicaciones del Esfuerzo Desviador	53
Grafico 2-30 Variación del Módulo Resiliente con el Esfuerzo Desviador.....	58
Grafico 2-31 Valores de Módulo de Resiliente obtenidos para Diferentes Contenidos de Agua	59
Grafico 2-32 Efecto del Contenido de Finos sobre el Módulo Resiliente	60

Grafico 2-33 Curva Típica Esfuerzo – Deformación en un Ciclo de Carga	61
Grafico 2-34 Influencia del Esfuerzo Desviador sobre la Deformación Permanente	62
Grafico 2-35 Influencia de la Historia de Esfuerzos	63
Grafico 2-36 Influencia de las Condiciones de Drenaje sobre la Deformación Vertical Permanente	64
Grafico 2-37 Efecto de la Densidad sobre la Acumulación de la Deformación Vertical Permanente	65
Grafico 2-38 Deformación Vertical vs Numero de Ciclos.....	66
Grafico 2-39 Influencia del Contenido de Finos sobre la Acumulación de la Deformación Vertical.....	67
Grafico 3-1 Definición de los Esfuerzo Aplicados por el Método de Ensayo	85
Grafico 3-2 Cámara para encerrar la Muestra.....	86
Grafico 3-3 Cámara Triaxial	88
Grafico 3-4 Aparatos para la Compactación de la Muestra	89
Grafico 3-5 Equipo Triaxial	90
Grafico 5-1 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla.....	135
Grafico 5-2 Promedio Modulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Sin Geomalla	135
Grafico 5-3 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Con Geomalla	137
Grafico 5-4 Promedio Modulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Con Geomalla...	137
Grafico 5-5 Promedio del Ensayo de Deformación Permanente Sin Geomalla	138
Grafico 5-6 Promedio del Ensayo de Deformación Permanente Con Geomalla.....	139
Grafico 5-7 Comparación del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla y Con Geomalla	140
Grafico 5-8 Comparación de la Curvas M_r vs θ con Geomalla y Sin Geomalla	141
Grafico 5-9 Comparación del Ensayo de la Deformación Permanente	142

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Porcentaje en Peso que Pasa a través de Malla Cuadrada para Subbases .	12
Tabla 2-2 Recomendaciones para el Uso del Tipo de Base	14
Tabla 2-3 Porcentaje en Peso que Pasa a través de los Tamices de Malla Cuadrada	16

Tabla 2-4 Modelos para encontrar el M_r a partir del dato del CBR	54
Tabla 2-5 Valores Típicos para Materiales Granulares y Suelos sin Estabilizar según la clasificación de suelos AASHTO.....	54
Tabla 2-6 Valores Típicos para Materiales Granulares y Suelos sin Estabilizar según la Clasificación de suelos SUCS	55
Tabla 2-7 Constantes no lineales K_1 y K_2 para materiales granulares	57
Tabla 2-8 Rangos de K_1 y K_2 para Materiales Granulares No Tratados.....	57
Tabla 3-1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	72
Tabla 3-2 Clasificación de Suelos según AASHTO	76
Tabla 3-3 Cuadro Comparativo de Clasificación de Suelos SUCS - AASHTO.....	77
Tabla 3-4 Propiedades de las Geomallas Multiaxiales	81
Tabla 3-5 Secuencia para Materiales de Bases/Subbases	84
Tabla 3-6 Períodos de Tiempo del Dispositivo de Carga	86
Tabla 3-7 Capacidades de Celda de Carga.....	87
Tabla 3-8 Rangos de LVDT.....	87
Tabla 3-9 Esfuerzo de Control para Ensayo Triaxial de Carga Repetida	91
Tabla 5-1 Caracterización de la Base Granular.....	133
Tabla 5-2 Resultados de Correlación Modulo Resiliente y CBR	134
Tabla 5-3 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla.....	134
Tabla 5-4 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Con Geomalla	136

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Módulo de Resilencia	51
Ecuación 2-2 Módulo de Resilencia (Modelo sugerido por HUANG).....	56
Ecuación 2-3 Módulo de Resilencia (Modelo sugerido por Uzan).....	56

INDICE DE RESULTADOS

Resultados 4-1 Clasificación de la Base Granular (SUCS y AASHTO)	94
Resultados 4-2 Gravedad Específica y Absorción	94

Resultados 4-3 Abrasión	95
Resultados 4-4 Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos	95
Resultados 4-5 Ensayo de Compactación	95
Resultados 4-6 Ensayo de CBR en Laboratorio.....	95
Resultados 4-7 del Módulo Resiliente Muestra # 1 Sin Geomalla	96
Resultados 4-8 del Módulo Resiliente Muestra # 2 Sin Geomalla	97
Resultados 4-9 del Módulo Resiliente Muestra # 3 Sin Geomalla	98
Resultados 4-10 del Módulo Resiliente Muestra # 4 Sin Geomalla	99
Resultados 4-11 del Módulo Resiliente Muestra # 5 Sin Geomalla	100
Resultados 4-12 del Módulo Resiliente Muestra # 6 Sin Geomalla	101
Resultados 4-13 del Módulo Resiliente Muestra # 7 Sin Geomalla	102
Resultados 4-14 del Módulo Resiliente Muestra # 8 Sin Geomalla	103
Resultados 4-15 del Módulo Resiliente Muestra # 9 Sin Geomalla	104
Resultados 4-16 del Módulo Resiliente Muestra # 1 Con Geomalla.....	105
Resultados 4-17 del Módulo Resiliente Muestra # 2 Con Geomalla.....	106
Resultados 4-18 del Módulo Resiliente Muestra # 3 Con Geomalla.....	107
Resultados 4-19 del Módulo Resiliente Muestra # 4 Con Geomalla.....	108
Resultados 4-20 del Módulo Resiliente Muestra # 5 Con Geomalla.....	109
Resultados 4-21 del Módulo Resiliente Muestra # 6 Con Geomalla.....	110
Resultados 4-22 del Módulo Resiliente Muestra # 7 Con Geomalla.....	111
Resultados 4-23 del Módulo Resiliente Muestra # 8 Con Geomalla.....	112
Resultados 4-24 del Módulo Resiliente Muestra # 9 Con Geomalla.....	113
Resultados 4-25 de la Deformación Permanente Muestra # 1 Sin Geomalla	114
Resultados 4-26 de la Deformación Permanente Muestra # 2 Sin Geomalla	115
Resultados 4-27 de la Deformación Permanente Muestra # 3 Sin Geomalla	116
Resultados 4-28 de la Deformación Permanente Muestra # 4 Sin Geomalla	117
Resultados 4-29 de la Deformación Permanente Muestra # 5 Sin Geomalla	118
Resultados 4-30 de la Deformación Permanente Muestra # 6 Sin Geomalla	119
Resultados 4-31 de la Deformación Permanente Muestra # 7 Sin Geomalla	120
Resultados 4-32 de la Deformación Permanente Muestra # 8 Sin Geomalla	121
Resultados 4-33 de la Deformación Permanente Muestra # 9 Sin Geomalla	122
Resultados 4-34 de la Deformación Permanente Muestra # 1 Con Geomalla.....	123

Resultados 4-35 de la Deformación Permanente Muestra # 2 Con Geomalla.....	124
Resultados 4-36 de la Deformación Permanente Muestra # 3 Con Geomalla.....	125
Resultados 4-37 de la Deformación Permanente Muestra # 4 Con Geomalla.....	126
Resultados 4-38 de la Deformación Permanente Muestra # 5 Con Geomalla.....	127
Resultados 4-39 de la Deformación Permanente Muestra # 6 Con Geomalla.....	128
Resultados 4-40 de la Deformación Permanente Muestra # 7 Con Geomalla.....	129
Resultados 4-41 de la Deformación Permanente Muestra # 8 Con Geomalla.....	130
Resultados 4-42 de la Deformación Permanente Muestra # 9 Con Geomalla.....	131

INDICE DE ANEXOS

Anexo 6-1 Ensayo de Clasificación de la Base Granular (SUCS y AASHTO)	150
Anexo 6-2 Ensayo de Gravedad Específica y Absorción (ASTM C-127).....	153
Anexo 6-3 Abrasión (ASTM C-128)	155
Anexo 6-4 Ensayo de Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos (ASTM C-136).....	158
Anexo 6-5 Ensayo de Compactación (Proctor Modificado ASTM D-1557).....	164
Anexo 6-6 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR en Laboratorio ASTM D-1883)	166
Anexo 6-7 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 1 Sin Geomalla	172
Anexo 6-8 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 2 Sin Geomalla	173
Anexo 6-9 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 3 Sin Geomalla	174
Anexo 6-10 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 4 Sin Geomalla	175
Anexo 6-11 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 5 Sin Geomalla	176
Anexo 6-12 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 6 Sin Geomalla	177
Anexo 6-13 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 7 Sin Geomalla	178
Anexo 6-14 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 8 Sin Geomalla	179
Anexo 6-15 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 9 Sin Geomalla	180
Anexo 6-16 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 1 Con Geomalla.....	181
Anexo 6-17 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 2 Con Geomalla.....	182
Anexo 6-18 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 3 Con Geomalla.....	183

Anexo 6-19 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 4 Con Geomalla.....	184
Anexo 6-20 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 5 Con Geomalla.....	185
Anexo 6-21 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 6 Con Geomalla.....	186
Anexo 6-22 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 7 Con Geomalla.....	187
Anexo 6-23 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 8 Con Geomalla.....	188
Anexo 6-24 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 9 Con Geomalla.....	189
Anexo 6-25 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 1 Sin Geomalla	190
Anexo 6-26 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 2 Sin Geomalla	191
Anexo 6-27 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 3 Sin Geomalla	192
Anexo 6-28 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 4 Sin Geomalla	193
Anexo 6-29 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 5 Sin Geomalla	194
Anexo 6-30 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 6 Sin Geomalla	195
Anexo 6-31 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 7 Sin Geomalla	196
Anexo 6-32 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 8 Sin Geomalla	197
Anexo 6-33 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 9 Sin Geomalla	198
Anexo 6-34 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 1 Con Geomalla.....	199
Anexo 6-35 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 2 Con Geomalla.....	200
Anexo 6-36 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 3 Con Geomalla.....	201
Anexo 6-37 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 4 Con Geomalla.....	202
Anexo 6-38 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 5 Con Geomalla.....	203
Anexo 6-39 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 6 Con Geomalla.....	204
Anexo 6-40 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 7 Con Geomalla.....	205
Anexo 6-41 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 8 Con Geomalla.....	206
Anexo 6-42 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 9 Con Geomalla.....	207

1. CAPÍTULO I
DEFINICIONES DE LOS MATERIALES

1.1 Antecedentes

La necesidad de optimizar la utilización de recursos no renovables, ha impulsado en el desarrollo de nuevas tecnologías para los materiales de construcción, siendo los Geosintéticos tales como los Geotextiles y las Geomallas, los más comúnmente utilizados en la construcción de carreteras. El conocimiento del diseño, utilización y puesta en obra de estos materiales en nuestro país se ha incrementado en las últimas dos décadas, pudiendo tener una experiencia positiva en cuanto la optimización de materiales granulares. En esta investigación se propone verificar en laboratorio la influencia de las Geomallas en una Base Granular de una mina cercana a la ciudad de Quito.

A partir de los inicios de los años 90'S, con la construcción de las vías de acceso a las plataformas de perforación de Petróleo en el Oriente Ecuatoriano realizados por la empresa MAXUS ENERGY CORP., la cual incluía la utilización de Geomallas para refuerzos de Subrasante innovó la construcción de carreteras en nuestro país ya que brinda una alternativa para mejorar Subrasante y reforzar las capas granulares dejando de lado las tecnologías con un alto impacto ambiental.

Con este trabajo se desea entregar una herramienta para que los especialistas tanto en el diseño como en la construcción de vías puedan evaluar el aporte que brinda las Geomallas dentro de la estructura del pavimento.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo General

El objetivo planteado del presente trabajo es evaluar mecánicamente en laboratorio el aporte de la Geomalla Estructural en una Base Granular realizando los Ensayos AASHTO T-307 para la determinación del Módulo Resiliente y NCHRP Reporte 598, Proyecto 4-31 Apéndice B, para la determinación de la Deformación Permanente.

1.2.2 Objetivo Especifico

- Realizar los ensayos en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Identificar las variables más influyentes en cada ensayo.
- Investigar la influencia de la Geomalla Estructural en el comportamiento del Módulo Resiliente y la Deformación Permanente a múltiples niveles de esfuerzo para un material tipo Base Granular.

1.2.3 Alcance

Este trabajo plantea la evaluación del aporte de la Geomalla Estructural dentro de la capa de Base Granular de la Estructura de Pavimento al ensayo realizado en la máquina Triaxial para determinar el MODULO RESILIENTE siguiendo la Norma AASHTO T-307 y la DEFORMACION PERMANENTE siguiendo el ensayo recomendado por el NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) Reporte 598, Proyecto 4-31 Apéndice B, (ensayo Triaxial de Carga Repetida).

Se plantea determinar los Módulos Resilientes y las Deformaciones Permanentes de la capa de Base Granular sin el aporte de la Geomalla y con la inclusión de la misma, esto podrá dar un criterio al diseñador de pavimentos, sobre el aporte de este material, de esta manera obtener una caracterización mecánica del conjunto Malla-Base, que a su vez puede ser utilizada en modelos de análisis de pavimentos.

2. CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Introducción

En el Ecuador, en la actualidad las metodologías para el análisis y diseño de la estructura de pavimentos son de carácter empírico y empírico-mecanicista. Los métodos empíricos no incorporan directamente en el diseño el comportamiento de los materiales bajo condiciones de pruebas representativas, valiéndose únicamente de las propiedades físicas de los materiales y de un índice de resistencia llamado Valor Relativo de Soporte, VRS (también denominado CBR por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio). En cambio los métodos empírico-mecanicistas ya consideran leyes de fatiga de los materiales en los cálculos de vida útil y manejan el concepto de Modulo de Resilencia, pero solo como parámetro de cálculo que se correlaciona con el CBR y no como una propiedad fundamental del material.

Sin embargo, existen los métodos mecanicistas o racionales, los cuales tienen en cuenta como el estado de Esfuerzo – Deformación (Modulo de Resilencia) que experimentan las capas que conforman la estructura del pavimento, influyen en el comportamiento del mismo, además esta metodología estudia las propiedades de los materiales, tipo de tránsito volumen y condiciones ambientales que estará sometida el pavimento siendo este método de diseño el más apegados al comportamiento real de las estructuras de pavimento.

Estos diseños típicos de estructuras de pavimento de vías conllevan al uso elevado de recursos naturales y por ende un costo muy alto para la realización de las mismas.

Debido al elevado costo de asfalto y agregados, además de la el aumento de la presión del medio ambiente en la construcción y mantenimiento de vías, se ha generado que en otros países del mundo tanto agencias gubernamentales como los constructores investiguen en el uso de nuevas técnicas para el diseño de estructuras de pavimentos, siendo una de las tantas investigaciones el Refuerzo con Geomalla.

Los Refuerzos con Geomalla en la estructura del pavimento son vistos como una solución particularmente prometedora, ya que pueden ser diseñados para proporcionar una vida útil equivalente con menos material de pavimento. Esta reducción en el espesor del pavimento conduce a la reducción de la construcción de infraestructura y los costos de mantenimiento. Además, un uso más eficiente de los recursos naturales

y la reducción de la energía de entrada requerida para la construcción de la carretera la cual beneficia directamente al medio ambiente.

Pruebas de campo en una investigación de la Universidad Urbana Champaign de Illinois, demostraron que el agregado que se coloca sobre la Geomalla, se puede compactar en un grado mucho más alto. La combinación de los dos materiales crea una capa de material compuesto mejorado o modificado con un aumento significativo del Módulo Resiliente (M_r). El objetivo de este estudio fue determinar y evaluar los parámetros de diseño de materiales granulares y materiales de base granular estabilizada mecánicamente con geomalla. Para determinar los efectos de una capa estabilizada mecánicamente, una combinación de pruebas incluyendo AASHTO T-307 y NCHRP-598 se llevó a cabo tanto en muestras con solo material granular y muestras mecánicamente estabilizadas.

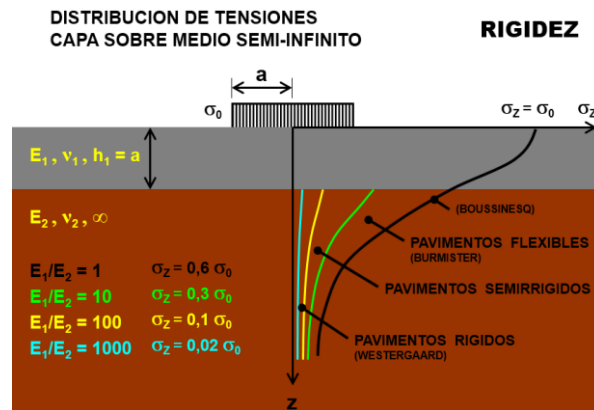
Por las razones anteriormente dichas se realiza la presente investigación para que ésta sea un punto de partida para la utilización de Geomallas en el diseño de las estructura de pavimento de las vías ecuatorianas.

2.2 Pavimento

El pavimento es parte de la carretera o vía formada por un conjunto de capas de materiales seleccionados comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento y tienen la función de recibir en forma directa las cargas del tránsito y transmitir las adecuadamente a las capas inferiores y además, proporcionar la superficie de rodamiento en donde se debe tener una operación rápida, cómoda y segura.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías.

Grafico 2-1 Esfuerzo en los Diferentes Tipos de Pavimentos

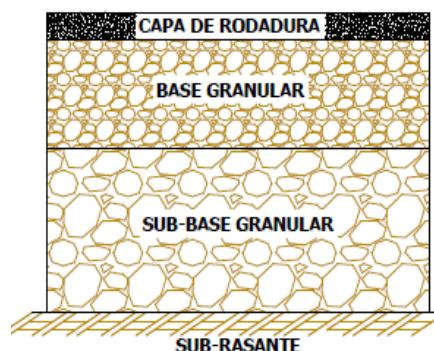


La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

El pavimento tiene la siguiente estructura:

Subrasante, Subbase, Base y Capa de Rodadura

Grafico 2-2 Estructura del Pavimento



Fuente: Gráfico realizado por los autores de la presente disertación

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir las siguientes características:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- Debe ser durable y económico.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.
- Deber poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.
- Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

2.2.1 Subrasante

Es el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar. De la calidad de esta depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito además es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen. Los cambio de volumen en un suelo expansivo, pueden ocasionar graves

daños a las estructuras que se apoyan sobre éste, por esta razón, al construir un pavimento hay que intentar al máximo controlar las variaciones volumétricas del mismo a causa de la humedad (ALVAREZ).

La subrasante tiene la particularidad de otorgar la respuesta estructural y el comportamiento del pavimento en construcción y operación. La subrasante como material de fundación, se debe establecer cuál es su resistencia mecánica y específicamente ante la presencia de cargas, se busca la relación entre la carga y la deformación unitaria. La resistencia varía con las condiciones de humedad, compactación y confinamiento (ALVAREZ).

Las respuestas estructurales de un pavimento (esfuerzos, desplazamiento y agrietamientos) son influidas significativamente por la subrasante. Un gran porcentaje de las deflexiones en la superficie de un pavimento se puede atribuir a la subrasante. Por ser la deflexión de la superficie un criterio de diseño, es necesario asegurar que la caracterización de la subrasante sea la adecuada. Las propiedades requeridas de la subrasante incluyen la resistencia, el drenaje, la fácil compactación, la conservación de la compactación, la estabilidad volumétrica (ALVAREZ).

Grafico 2-3 Subrasante



Fuente: Foto tomada por los autores de la presente disertación

2.2.2 Subbases

2.2.2.1 Definición

Es la primera capa de materiales seleccionados que se construye sobre la subrasante, tanto en pavimentos semirígidos, rígidos o en flexibles para resistir adecuadamente el tráfico vehicular y prevenir las deformaciones en la subrasante.

En países europeos, la subbase como componente del pavimento flexible se ha eliminado por cuanto se ha mejorado las características del material de base. En nuestro país, se mantiene el uso de la subbase por razones económicas, porque tomando en cuenta que la calidad de los componente del pavimento mejora de abajo hacia arriba, resulta factible emplear un material de subbase de menor calidad y reducir de esta manera los costos.

Grafico 2-4 Subbases



Fuete: Foto tomada por los autores de la presente disertación

En pavimentos rígidos y semirígidos se mantiene el uso de subbases, porque los esfuerzos que se transmiten bajo la capa de rodadura son mínimos y se elimina la capa de Base

Por lo general el espesor de la subbase varía entre 10 y 60 cm., aunque se han construido subbases de hasta 1.0 m de espesor.

Los requerimientos de espesor y tipo dependen de algunos factores tales como:

- Tipo de Pavimento que se construirá
- Cantidad y clase de tráfico

- Condiciones climáticas
- Tipo y condición del suelo de la subrasante
- Posición del nivel freático

2.2.2.2 Funciones

Las funciones de la subbase son las siguientes:

- 1) Absorber las cargas de tráfico transmitidas por la base y transmitir las a su vez a la subrasante, para que esta pueda soportarlas sin sufrir deformaciones permanentes.
- 2) Servir como elemento de drenaje del agua, que por capilaridad ha atravesado la subrasante impidiendo que llegue a la base.
- 3) Disminuir los costos de construcción, por cuanto los materiales para subbase son más fáciles de obtener y de menor costo que los de las capas superiores del pavimento.
- 4) Puede servir como superficie de rodadura en forma temporal, hasta que se continúe la construcción de las otras capas de pavimento, o como superficie de rodadura en las carreteras de grava (afirmadas), en cuyo caso deberá tener un espesor mayor del que tuviera como componente de un pavimento de base y carpeta.
- 5) Reducir al mínimo los peligrosos efectos del congelamiento, para lo cual deben especificarse materiales no susceptibles de congelarse, si esta capa sirve para este propósito.
- 6) Servir de plataforma de trabajo para el equipo de construcción

2.2.2.3 Tipos de Subbases

Están compuestos de agregados gruesos triturados o solo cribados, mezclándolos con agregados finos provenientes de trituración o de un suelo seleccionado o de ambos. Se compondrán de fragmentos limpios, resistentes y durables, estarán libres de exceso de partículas alargadas, así como exentos de materia vegetal, granos de arcilla u otro material inconveniente, mínimo el 30% será obtenido por trituración (MOP, 2002).

La clase de subbase que se deba utilizar en obra deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz No 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30% (MOP, 2002, pp. IV-40).

Las subbases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo con los materiales a emplearse y al tipo de pavimento del cual forma parte:

a) Subbase Clase 1: Estas son subbases construidas con agregados obtenidos por trituración de piedras o gravas, y graduados uniformemente de grueso a fino dentro de los límites de gradación especificados en la Tabla 2-1.

b) Subbase Clase 2: Estas son subbases construidas con agregados obtenidos por cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de grava, graduadas uniformemente de grueso a fino dentro de los límites de gradación especificados en la Tabla 2-1.

c) Subbase Clase 3: Estas son subbases construidas con material obtenido de la excavación para la plataforma o de fuentes de préstamo. Igualmente debe cumplir los requisitos de gradación de la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Porcentaje en Peso que Pasa a través de Malla Cuadrada para Subbases

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
3"	76.2 mm						100
2"	50.4 mm	-	-		100		-
1 1/2 "	38.1 mm		100	70	100		-
Nº 4	4.75 mm	30	70	30	70	30	70
Nº 40	0.425 mm	10	35	15	40	-	-
Nº 200	0.075 mm	0	15	0	20	0	20

Fuente: (MOP, 2002, pp. IV-41)

2.2.3 Bases

2.2.3.1 Definición

Base es la capa de material seleccionado que se construye sobre la subbase, cuando la base está constituida por el mismo material de la subbase, el conjunto se considera como base.

La experiencia ha demostrado que la base es la capa más importante del pavimento y deben emplearse los materiales de más alta calidad y las especificaciones para los mismos son más exigentes que para los materiales de subbase, en cuanto a los requerimientos de resistencia, plasticidad, granulometría y uniformidad de construcción.

Grafico 2-5 Bases



Fuente: Foto tomada por los autores de la presente disertación

2.2.3.2 Funciones

La capa de base de un pavimento tiene las siguientes funciones:

- 1) Absorber en la mayor parte los esfuerzos producidos por el tráfico vehicular sobre la capa de rodadura y transmitirlos a la subbase o subrasante de tal manera que no produzca deformaciones o desplazamientos excesivos en las mencionadas capas.

- 2) Servir como elemento de drenaje de las aguas que, por ascensión capilar hayan atravesado la subbase o la subrasante (cuando no existe subbase) impidiendo que lleguen a la capa de rodadura.
- 3) Reducir al mínimo los peligrosos efectos del congelamiento.
- 4) Pueden servir como capas de rodadura para tráficos livianos.

La Tabla 2-2 recomienda la Clase de Base que se debe utilizar dependiendo el uso de carretera que se va a tener.

Tabla 2-2 Recomendaciones para el Uso del Tipo de Base

Material Especificado	Tipo de Carretera	Nº Carriles	TPDA
BASE CLASE 1	Para uso principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico	8 a 12	> 50000
BASE CLASE 2	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65 m. Se incluye franja central desde 2 a 4 m	2 a 6	8000 a 50000
BASE CLASE 3	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico	2 a 4	1000 a 8000
BASE CLASE 4	Caminos Vecinales	2	<1000

Fuente: (MOP, 2002)

2.2.3.3 Tipos de Base

Se clasifican de acuerdo a su constitución, pudiendo estar constituidas de agregados triturados en el 100 %, de agregados triturados parcialmente, o solo cribados, todos estabilizados con agregado fino proveniente de trituración, con suelo fino seleccionado o ambos.

Los agregados de los cuatro tipos de bases deben estar constituidos de fragmentos limpios, resistentes y durables; además serán exentos de material vegetal, granos de arcilla y otro material inconveniente.

La porción del agregado que pase el tamiz No. 40 (0.425 mm) deberá tener un límite líquido menor que 25 y un índice de plasticidad menor que 6, el porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40 % y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor a 80% (MOP, 2002, pp. IV-50).

a) Base clase 1: Son bases constituidas con agregados gruesos y finos triturados en un 100 % y mezclados necesariamente en una planta central. Esta base deberá ser graduado uniformemente dentro de los límites granulométricos para los Tipos A y B según Tabla 2-3.

b) Base clase 2: Son bases constituidas por fragmento de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado será triturada al menos el 50% en peso y mezclados necesariamente en planta. Esta base deberá ser graduada uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 2-3.

c) Base clase 3: Son bases constituidas por fragmento de roca o grava triturada, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso. Esta base deberá hallarse graduadas dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 2-3.

d) Base clase 4: Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas y graduadas uniformemente dentro de los límites indicados en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Porcentaje en Peso que Pasa a través de los Tamices de Malla Cuadrada

TAMIZ		BASE CLASE 1				BASE CLASE 2		BASE CLASE 3		BASE CLASE 4	
		TIPO A		TIPO B							
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2"	50.4 mm	-	100	-	-		-	-	100	-	100
1 1/2"	38.1 mm	70	100	-	100	-	-	-	-	-	-
1"	25.4 mm	55	85	70	100	-	100	-	-	60	90
3/4"	19.0 mm	50	80	60	90	70	100	-	100	-	-
3/8"	9.5 mm	35	60	45	75	50	80	-	-	-	-
Nº 4	4.75 mm	25	50	30	60	35	65	45	80	20	50
Nº 10	2.00 mm	20	40	20	50	25	50	30	60	-	
Nº 40	0.425 mm	10	25	10	25	15	30	20	35	-	-
Nº 200	0.075 mm	2	12	2	12	3	15	3	15	0	15

Fuente: (MOP, 2002, pp. IV-51-52)

2.2.4 Capas de Rodaduras

2.2.4.1 Descripción

La capa de rodadura tiene por objeto proteger las capas inferiores, proporcionando a la superficie resistencia, regularidad, y rugosidad adecuada, ni muy lisa ni muy áspera.

Es la capa final del pavimento sobre la cual circularán los vehículos; por estar en contacto directo con el medio debe ser la capa más resistente, mejor acabada y en constante mantenimiento.

2.2.4.2 Funciones

Además de su función principal como elemento estructural del pavimento, la capa de rodadura cumple las siguientes funciones:

- 1) Reducir al mínimo la filtración de agua dentro del pavimento.
- 2) Dar una superficie muy regular y antideslizante para que el tráfico sea cómodo y seguro y se puede conducir a la velocidad de diseño de la carretera.
- 3) Proteger a la base para evitar que el tráfico la desgaste o la deforme.

No todas las capas de rodadura ofrecen las cualidades antes mencionadas, depende de la clase de capa la cual a su vez es función del tipo de carretera

2.2.4.3 Tipos de capa de rodadura

Las capas de rodadura se clasifican en los siguientes tipos:

a) Capas de rodadura estabilizadas con finos

Estas superficies no constituyen capas de rodadura pero están incluidas en la clasificación por cuanto son usadas como tales en carretera de poca importancia por ejemplo caminos vecinales. Dentro de este grupo podría considerarse a las subrasantes mejoradas y a las bases de agregados.

b) Capas de rodadura estabilizadas con asfalto.

Estos tipos de capas de rodadura bituminosa son desde una simple y ligera aplicación de asfalto líquido hasta una mezcla sofisticada como son los hormigones asfálticos. Se pueden clasificar en: Tratamientos superficiales como tratamientos de preservación, capa de imprimación, capa ligante, capa sellante y además mezclas en Frio (emulsiones) y mezclas en Caliente (hormigón asfáltico).

c) Capas de rodadura de hormigón de cemento portland

Estas superficies de capas de rodadura utilizan hormigón hidráulico con una resistencia mayor a los 300 kg/cm². Tienen mayor durabilidad en el tiempo comparándolos con las otras capas de rodadura pero a su vez tienen un costo inicial muy alto.

d) Capas de rodadura articulado

Dentro de esta capa se incluye los adoquinados de piedra y de hormigón hidráulico, además los empedrados sean estos con canto rodado o piedra triturada.

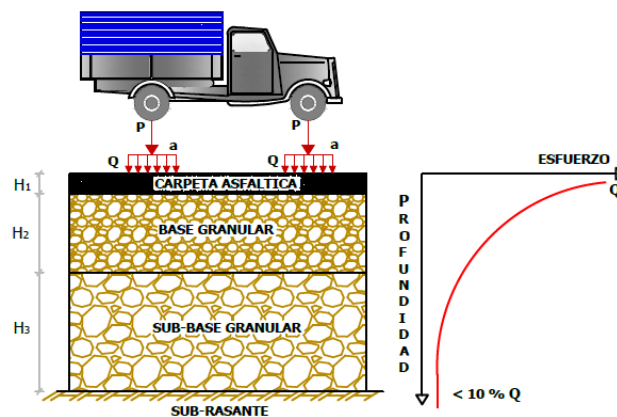
2.2.5 Tipos de Pavimentos

Los Pavimentos en el Ecuador tienen la siguiente clasificación: pavimentos flexibles, pavimentos semirígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

2.2.5.1 Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase, las cuales transmiten los esfuerzos al terreno de soporte, mediante un mecanismo de disipación de tensiones, presiones que van disminuyendo en su magnitud, con la profundidad (MONTEJO, 2008, p. 2).

Grafico 2-6 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Flexibles



Fuente: (SALVADOR, 2012)

2.2.5.1.1 Funciones de las Capas de un Pavimento Flexible

2.2.5.1.1.1 Subbase Granular

- **Función económica:** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido por materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante resultar más económico.
- **Capa de transición:** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte,

actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

- ***Disminución de la deformación:*** algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- ***Resistencia:*** la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

2.2.5.1.1.2 Base granular

- ***Resistencia:*** la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

2.2.5.1.1.3 Carpeta Asfáltica

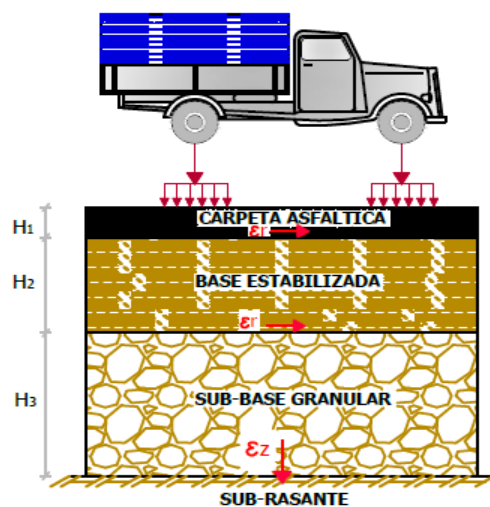
- ***Superficie de rodadura:*** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- ***Resistencia:*** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.
- ***Impermeabilidad:*** Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

2.2.5.2 Pavimento Semirígido

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El

empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción (MONTEJO, 2008, p. 5).

Grafico 2-7 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Semirígidos

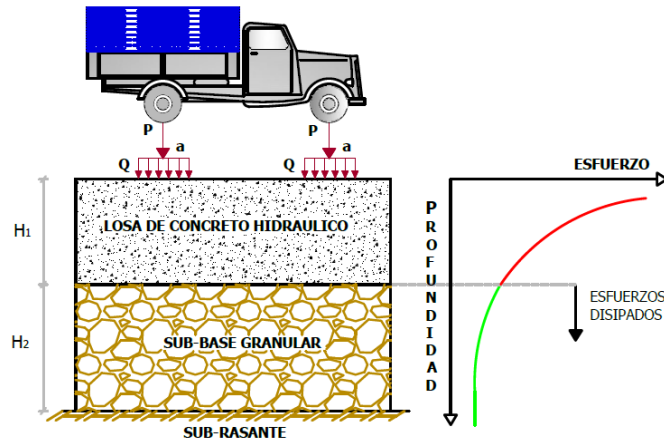


Fuente: (SALVADOR, 2012)

2.2.5.3 Pavimento Rígido

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en ciertos grados, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento (MONTEJO, 2008, p. 5).

Grafico 2-8 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Rígidos



Fuente: (SALVADOR, 2012)

2.2.5.3.1 Funciones de las Capas de un Pavimento Rígido.

2.2.5.3.1.1 Subbase

- La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de materiales fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimento
- Mejorar el drenaje y reducción por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.

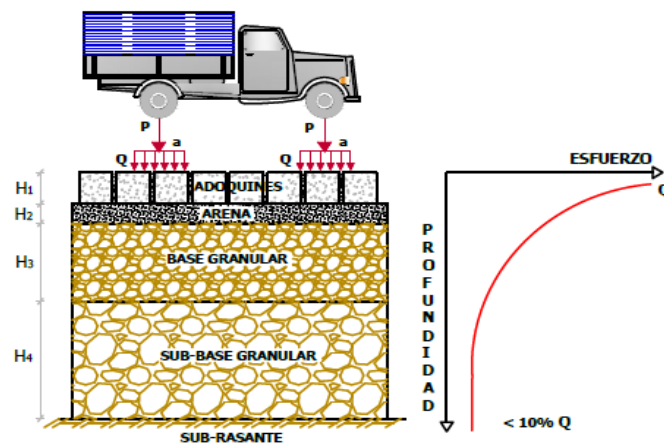
2.2.5.3.1.2 Losa de Concreto

- Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

2.2.5.4 Pavimento Articulado

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento. (MONTEJO, 2008, p. 7)

Grafico 2-9 Mecanismo de Disipación de Tensiones en Pavimentos Articulados



Fuente: (SALVADOR, 2012)

2.2.5.4.1 Funciones de las Capas de un Pavimento Articulado.

2.2.5.4.1.1 Subbase

- Es la capa colocada entre la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento. Puede estar compuesta por dos o más capas de material seleccionado. (QUIMIS, 2015, p. 10)

2.2.5.4.1.2 Capa de Arena

- Es una capa de poco espesor, de arena gruesa y limpia que se coloca directamente sobre la base; sirve de asiento a los adoquines y como filtro para el agua que eventualmente pueda penetrar por las juntas entre estos. (QUIMIS, 2015, p. 10)
- Sellos de arena: está constituido por arena fina que se coloca como llenante de las juntas entre los adoquines; sirve como sello de las mismas y contribuyen al funcionamiento, como un todo, de los elementos de la capa de rodadura (QUIMIS, 2015, p. 10).

2.2.5.4.1.3 Adoquín

- Es la capa de rodadura del pavimento articulado que sirve para soportar y transmitir los esfuerzos que aplican los vehículos.

2.2.6 Diseño de la Estructura del Pavimento

El diseño de pavimentos tanto en los pavimentos flexibles como en los pavimentos rígidos, en carreteras y aeropuertos requiere del estudio a detalle y preciso de los materiales empleados en las capas de terracerías y del pavimento, su comportamiento bajo cargas y bajo todas las condiciones climatológicas del sitio para el cual se desea el pavimento (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 42).

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. En el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de las capas. Los métodos de diseño de pavimentos descritos a continuación suponen que las deformaciones permanentes ocurren solamente en la subrasante. Sin embargo, en vías donde se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez (Vías de Bajo Tráfico) las capas granulares soportan el esfuerzo aplicado casi en su totalidad y la magnitud de dichos esfuerzos puede llegar a generar valores altos de deformación permanente. Por lo tanto, las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de reproducir el comportamiento de estos materiales bajo diversas

trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, pág. 42).

2.2.6.1 Factores a Considerar en la Estructura del Pavimento

2.2.6.1.1 El Transito

Interesa para dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por ejes esperados en el carril de diseño solicitado, que determinara la estructura del pavimento de la carretera durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento son fundamentales para el cálculo. A demás, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las solicitaciones tangenciales en tramos especiales, las velocidades de operación de los vehículos y la canalización del tránsito etc (MONTEJO, 2008, pp. 8 - 9).

2.2.6.1.2 La Subrasante

De la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que deber tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medios los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal. (MONTEJO, 2008, p. 9).

2.2.6.1.3 El Clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios

volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción de capas granulares y asfálticas. Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en éstas esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas. (MONTEJO, 2008, p. 9).

2.2.6.2 Metodologías de Diseño de Pavimentos Flexibles

2.2.6.2.1 Método de Diseño Empírico

Las metodologías de diseño de pavimentos flexibles son generalmente de carácter empírico o mecánico – empíricas. En el caso de los métodos empíricos se correlaciona el comportamiento de los pavimentos in situ, a través de observaciones y mediciones de campo, con los factores que causan los mecanismos de degradación en estas estructuras. Los factores más importantes son las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales (principalmente temperatura y precipitación) a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación (subrasante), la calidad de los materiales empleados y deficiencias durante el proceso constructivo. Todos estos factores son controlados y medidos durante las fases de estudio para correlacionarlos con los mecanismos de degradación y crear así el método de diseño.

Dos son los mecanismos principales de degradación que se intentan controlar en las metodologías empíricas (y también en las mecanicistas): Fatiga y Exceso de Deformación Permanente (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, pp. 42 - 43).

La Fatiga ocurre en las capas ligadas, y para el caso de estructuras flexibles, se presenta cuando se generan valores altos de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica. Este tipo de deformación es asociado a la respuesta resiliente que presenta la estructura cuando se mueven las cargas vehiculares.

La Deformación Permanente es la deformación vertical residual que se va acumulando debido al paso de los vehículos la cual puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento.

En el caso de las estructuras flexibles, la deformación permanente total es la suma de la deformación producida en cada una de las capas del pavimento, pero actualmente

los métodos empíricos suponen que tal deformación se genera solo en la capa subrasante y esto crea una de sus principales limitaciones. La anterior suposición se basa en que la subrasante es la capa más susceptible a la deformación debido a su más baja rigidez (en comparación con las otras capas del pavimento) y a una mayor probabilidad de presentar altos contenidos de agua (lo cual disminuiría su capacidad portante) (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, págs. 42 - 43).

Es decir, las metodologías empíricas no tienen en cuenta que:

- En las capas de rodadura y base asfáltica (compuestas por mezclas asfálticas de comportamiento viscoso) un incremento de temperatura genera disminución de la rigidez y por lo tanto un incremento en la deformación del pavimento.
- Las capas granulares juegan un papel importante en la generación de la deformación permanente cuando se dimensionan estructuras flexibles para vías de bajo tráfico. En este tipo de pavimentos las capas asfálticas no tienen una función estructural (por lo general se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez) y las capas granulares (base y subbase) soportan casi en su totalidad las cargas rodantes. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, pp. 42 -43)

Además de no tener en cuenta que parte de la acumulación de la deformación permanente puede ser producida en las capas granulares de base y subbase, otros aspectos a tener en cuenta en este tipo de metodología son:

- No permite ser adaptada a condiciones distintas a las que fueron estudiadas para su desarrollo e implementación. Incluso un cambio en las condiciones climáticas o de tránsito de la zona de estudio puede hacer que el método pierda confiabilidad en la predicción del dimensionamiento del pavimento. Lo grave de esta situación es que en el mundo la tendencia del parque automotor es incrementar en número y magnitud de cargas y en muchas ocasiones los pesos máximos permitidos para circular por carreteras son excedidos (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, pp. 42 - 43).
- Si se requiere la utilización de materiales o estructuras distintas a aquellas empleadas durante el estudio in situ, extrapolar el comportamiento de los

mismos a las condiciones estudiadas es costoso y de difícil determinación numérica y experimental.

- Métodos de diseño de este tipo necesitan de gran inversión y tiempo para la realización de ensayos a gran escala.

Lo anterior está generando que en el mundo se estén reemplazando los métodos de diseño empíricos por métodos de diseño basados en aproximaciones analíticas o mecanicistas.

La metodología de diseño empírica más utilizada es la AASHTO 1993 aunque existen otras metodologías como las de diseño de Espesor utilizando CBR o el diseño basado en el Valor R (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, págs. 42 - 43).

2.2.6.2.2 Método de Diseño Mecanicista

A diferencia de los métodos empíricos, los analíticos tienen en cuenta como el estado de esfuerzo y deformación que experimentan las capas que conforman la estructura del pavimento influyen en el comportamiento del mismo. Para el cálculo de esfuerzos y deformaciones, emplean programas de computador disponibles desde la década de los 60's. En estos programas se introducen la carga, la presión de contacto, las propiedades mecánicas de los materiales (por lo general el módulo elástico y la relación de Poisson) y el espesor de las capas del pavimento con el fin de obtener los estados de esfuerzo y deformación. Una vez calculados estos estados, se comparan con aquellos que admite el pavimento para la vida útil proyectada, y en un procedimiento de ensayo y error (aumentando o disminuyendo por lo general los espesores de capas) se dimensionan las capas que conformarán la estructura de pavimento. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 50)

Algunos de los programas son: ALIZE (LCPC, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), ELSYM5 (Chevron Oil), BISAR (SHELL), KENLAYER (University of Kentucky) y DEPAV (Universidad del Cauca). Los valores admisibles de deformación a tracción y vertical en la base de la capa asfáltica y en la superficie de la subrasante respectivamente, se obtienen por medio de diversas ecuaciones desarrolladas en instituciones de investigación como TRL (Transportation Research Laboratory),

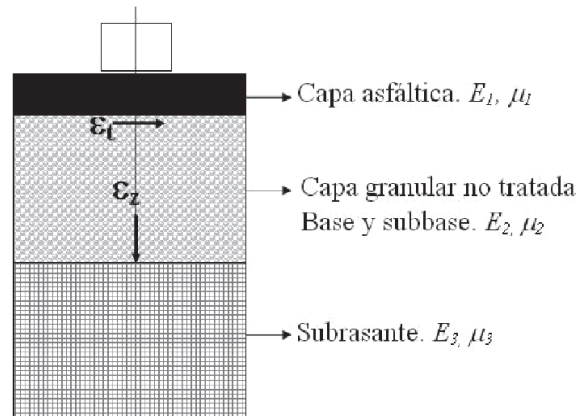
AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y TAI (The Asphalt Institute) (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 50).

A pesar de ser una metodología diferente a las empíricas, presentan connotaciones similares. Por ejemplo, el criterio de diseño en los métodos analíticos es el mismo: el pavimento falla por acumulación de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica debido a ciclos de carga (fatiga) y por exceso de deformación vertical en la superficie de la capa de subrasante, es decir, no tienen en cuenta el efecto que puede tener la acumulación de la deformación en las capas de base y sub-base granulares no tratadas.

Pero la principal desventaja de esta metodología radica en que el cálculo de los estados de esfuerzo y deformación se realiza por lo general suponiendo que el pavimento flexible es un sistema multicapa elástico lineal (compuesto por tres capas: la subrasante, la capa granular no tratada y la capa asfáltica, Figura 2-10). Este comportamiento elástico se supone de manera simplista justificando que bajo algún ciclo individual de carga la deformación permanente es muy baja comparada con la deformación resiliente. Los parámetros elásticos pueden ser calculados por medio de ensayos de laboratorio o por medio de retro cálculos de ensayos in situ (empleando por ejemplo Falling Weight Deflectometers -FWD).

Por un lado las ecuaciones elásticas lineales no tienen en cuenta que el comportamiento de las mezclas asfálticas es viscoso (dependiente de la velocidad de aplicación de carga y de la temperatura) y en el caso de los materiales granulares no tratados de base y sub-base su comportamiento es inelástico (deformaciones resilientes y permanentes) no lineal (rigidez dependiente del nivel de esfuerzo aplicado) para los niveles de esfuerzos a los cuales se encuentran sometidos en un pavimento flexible. Además, dependiendo del tipo de material de subrasante, el comportamiento del suelo puede ser dependiente de la velocidad de carga (viscoso) como en el caso de muchas arcillas (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, pp. 50 - 51).

Grafico 2-10 Sistema Multicapa Elástico para el Análisis de Pavimentos



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 51)

Otras desventajas de las metodologías analíticas son:

- Suponen que los materiales que componen cada una de las capas del pavimento son isotrópicos y homogéneos.
- Los programas analíticos no tienen en cuenta las diferentes geometrías que pueden presentar las estructuras de pavimento (suponen extensión infinita de las capas en sentido horizontal) y la carga es estática.
- En la mayoría de los casos los programas de computador no tienen en cuenta el efecto del medio ambiente sobre las propiedades mecánicas de los materiales utilizados.
- Cuando se emplean ecuaciones elásticas se generan valores no reales de esfuerzos de tensión en las capas granulares (estáticamente no posibles). Lo anterior especialmente en pavimentos con capas asfálticas delgadas (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 51).

2.2.6.2.3 Método con Programas de Elementos Finito

Actualmente se ha venido desarrollando una nueva metodología para el estudio y análisis de pavimentos la cual emplea programas de elementos finitos para la determinación de esfuerzos y deformaciones. Estos programas emplean ecuaciones constitutivas para el cálculo de esfuerzos y deformaciones las cuales suponen que el material es un continuo (no se tiene en cuenta el comportamiento individual de los

componentes del material, sino su comportamiento global a nivel macromecánico). (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 52)

Para el caso de los pavimentos, algunas de las ventajas del empleo de programas de elementos finitos radica en que pueden llegar a tener en cuenta que los materiales granulares no tratados que conforman pavimentos exhiben un comportamiento no lineal, dependiente de la condición de esfuerzos, y comportamiento viscoso en las capas asfálticas y en la subrasante. Son capaces de modelar diferentes geometrías, condiciones de frontera, criterios de falla y carga cíclica.

Algunos modelos de comportamiento empleados en programas de elementos finitos para el cálculo de esfuerzos y deformaciones en materiales granulares no tratados son: el modelo de acumulación de Bochum, Elastoplásticos, Hiperelásticos, Elásticos lineales y no lineales e Hipoplásticos. Para el caso de las capas asfálticas por lo general los modelos empleados son los elásticos lineales y los viscoelásticos (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 52)

En el mercado existen diversos programas de elementos finitos como el Abaqus, Plaxys y Ansys, pero algunos que se especializan en pavimentos son el SENOL (University of Nottingham), FENLAP (University of Nottingham), ILLI-PAVE (University of Illinois), GT-PAVE (Georgia Institute of Technology) y el NOEL (Université de Nantes), y códigos como el DIANA (Delft University of Technology) y el CESAR (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 52).

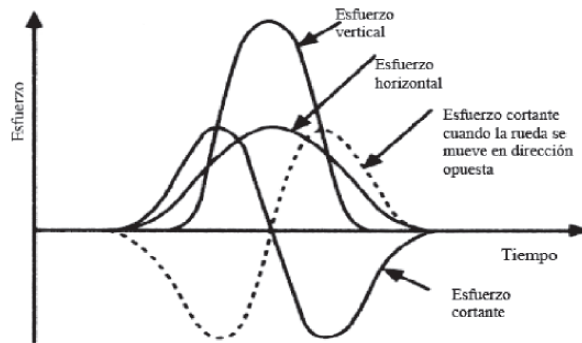
Los programas multicapa elásticos han sido preferidos con respecto a los de elementos finitos debido a su simplicidad en el manejo y en el entendimiento de las ecuaciones con las que se obtienen los estados de esfuerzo y deformación. Además, requieren menos tiempo computacional y memoria. Pero en general, los programas de elementos finitos son mejores para intentar reproducir el comportamiento de los materiales que conforman un pavimento (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 52).

Solo es necesario el desarrollo de ecuaciones constitutivas que predigan lo más cercano posible el comportamiento de cada uno de los materiales que conforman estas estructuras.

A pesar de los avances en el área del desarrollo de programas y ecuaciones constitutivas, la deformación que experimentan los materiales granulares es difícil de predecir principalmente por las siguientes razones:

- El comportamiento de estos materiales bajo carga cíclica es complejo y aún no ha sido totalmente entendido. Uzan menciona que bajo carga cíclica la respuesta de estos materiales es fuertemente no lineal. Además bajo esfuerzos de corte ellos exhiben dilatación y deformación tanto resiliente como permanente. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 53)
- La estructura del pavimento está compuesta por diferentes materiales que experimentan diferentes comportamientos bajo carga cíclica y condiciones del medio ambiente.
- Las capas asfálticas presentan un comportamiento viscoso con componentes elásticas y plásticas
- La temperatura y humedad de las capas granulares varía en el tiempo y por lo tanto su comportamiento con cada repetición de carga.
- El tipo y magnitud de la carga cíclica varía constantemente y no es conocida con exactitud previa a los ensayos de laboratorio y las simulaciones computacionales. Además, las trayectorias de esfuerzos en el laboratorio son limitadas y no reproducen las reales en el pavimento (Figura 2-11) (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 53).
- A pesar de que los materiales granulares presentan anisotropía inherente (por la geometría de las partículas, efectos de la compactación y la gravedad), muy pocas ecuaciones constitutivas tienen en cuenta esta consideración ya que es de difícil obtención numérica y experimental.
- El tamaño máximo del agregado para conformar capas de base en pavimentos por lo general se encuentra entre 2 cm y 5 cm, requiriendo en los ensayos experimentales grandes especímenes de al menos 15,2 cm de diámetro,
- El comportamiento de la muestra en el laboratorio es diferente al de campo,
- En el laboratorio por lo general, el efecto de la compactación y la historia de carga durante la construcción del pavimento no se tienen en cuenta (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 53).

Grafico 2-11 Variación de Esfuerzos con Respecto al Tiempo cuando se Aplica una Carga Vehicular



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 53)

2.3 Geosintéticos

Es un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción y la edificación como son: Obras Viales, Obras Hidráulicas, Sistemas de Control de Erosión, Aplicaciones Medioambientales, entre otras. La fabricación de los geosintéticos comprende procedimientos principalmente de extrusión, tecnología textil y/o ambas tecnologías: textil y plástica. (PAVCO, 2006, p. 3)

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestos básicamente de polímeros como polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los 2 primeros los de mayor utilización en la actualidad (PAVCO, 2006, p. 3).

Los tipos de geosintéticos más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son los siguientes:

- Geotextiles
- Geomallas
- Geomembranas
- Georedes

- Geocompuestos derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores (PAVCO, 2006, p. 3).

En esta investigación vamos a detallar solo los geotextiles y geomallas, ya que estos dos tipos de geosintéticos tienen como campo de aplicación principal en la estructura de pavimento.

2.3.1 Geotextiles

Los geotextiles que se definen como un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas (PAVCO, 2006, p. 4).

2.3.1.1 Clasificación

2.3.1.1.1 Clasificación según su Método de Fabricación

a) Geotextiles Tejidos

Son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Pueden ser Tejidos de calada o tricotados. Los Tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada, su estructura es plana (PAVCO, 2006, p. 4)

Los Geotextiles tejidos o tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotosas y circulares, o Ketten y Raschel, su estructura es tridimensional (PAVCO, 2006, p. 4).

Las funciones que cumple el Geotextil Tejido son: Separación, Refuerzo y Estabilización

Grafico 2-12 Geotextil Tejido



Fuente: Foto tomada por los autores de la presente disertación

b) Geotextiles No Tejidos

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras (PAVCO, 2006, p. 4).

Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas.
- Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados.
- Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados.

Las funciones que cumple el Geotextil No Tejido son: Filtración, drenaje, Protección, Separación, Estabilización y Refuerzo (PAVCO, 2006, p. 4)

Foto 2-1 Geotextil No Tejido



Fuente: Foto tomada por los autores de la presente disertación

2.3.1.1.2 Clasificación de los Geotextiles según su Composición

Las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre tendemos a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo al existir gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales (PAVCO, 2006, p. 4).

a) Fibras Naturales

Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos...) vegetal (algodón, yute, coco, lino...) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos etc (PAVCO, 2006, p. 4)

b) Fibras Artificiales

Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

c) Fibras Sintéticas

Cuando al geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos. Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias. Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno, poliamida y poliacrílico (PAVCO, 2006, p. 4).

2.3.1.2 Funciones y Campos de Aplicación

El uso de los geotextiles Tejidos y No Tejidos en los diferentes campos de aplicación pueden definirse mediante las funciones que va a desempeñar. En la mayoría de las aplicaciones el geotextil puede cumplir simultáneamente varias funciones, aunque siempre existirá una principal, que determine la elección del tipo de geotextil que se debe utilizar (PAVCO, 2006, p. 8).

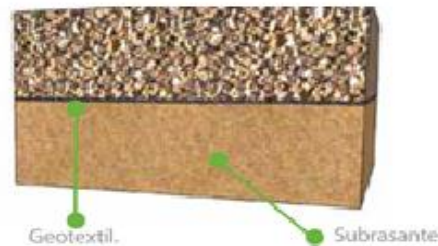
A continuación se describen las distintas funciones y aplicaciones que pueden desempeñar los geotextiles, así como las exigencias mecánicas e hidráulicas necesarias para su desarrollo.

2.3.1.2.1 Función de Separación

Esta función, desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría,

densidad, capacidad, etc.) evitando permanentemente la mezcla de material (PAVCO, 2006, p. 8).

Grafico 2-13 Función de Separación del Geotextil



Fuente: (PAVCO, 2006)

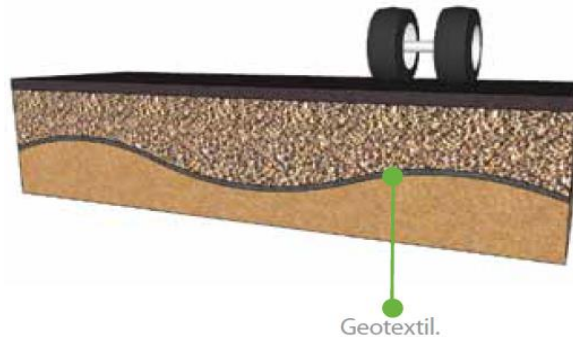
Aplicaciones:

- Entre la subrasante y la base de piedra en caminos pavimentados
- Entre la cimentación y terraplenes de suelos para rellenos de caminos.
- Entre suelos de cimentación y muros de retención rígidos.
- Entre la cimentación y terraplenes de suelos para presas de tierra y roca.
- Entre taludes y bermas de estabilidad aguas abajo.
- Debajo de campos deportivos y de atletismo.
- Debajo de áreas de estacionamientos.
- Entre capas antiguas y nuevas de asfalto.
- Entre rellenos y capas de base (PAVCO, 2006, pp. 8 - 9)

2.3.1.2.2 Función de Refuerzo

En esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción (PAVCO, 2006, p. 9).

Grafico 2-14 Función de Refuerzo del Geotextil



Fuente: (PAVCO, 2006)

Aplicaciones:

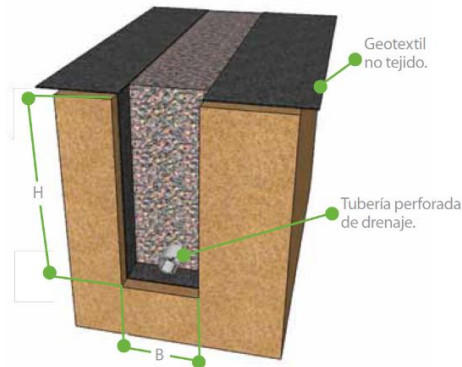
- Sobre suelos blandos para caminos no pavimentados.
- Sobre suelos blandos para vías férreas.
- Sobre suelos blandos para rellenos.
- Para reforzar terraplenes.
- Sobre suelos blandos de cerramientos.
- Para confinamiento lateral de balasto en vías férreas.
- Para estabilización de taludes temporales (PAVCO, 2006, pp. 9 - 10).

2.3.1.2.3 Función de Drenaje

Consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano del geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido (PAVCO, 2006, p. 10).

Para realizar el drenaje satisfactoriamente el espesor debe ser suficiente al aumentar la tensión normal al plano de conducción. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado o transporte de partículas finas, las cuales al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además debe garantizar el transporte de agua en su plano sin ocasionar grandes pérdidas de presión (PAVCO, 2006, p. 10).

Grafico 2-15 Función de Drenaje del Geotextil



Fuente: (PAVCO, 2006)

Aplicaciones:

- Como un dren de agua debajo de geomembranas.
- Como una galería de drenaje en una presa de tierra.
- Como un dren debajo de campos deportivos.
- Como dren de drenaje de agua de geomembranas.
- Como un dissipador de presión de poros en rellenos de tierra.
- Como dren debajo de campos deportivos.
- En reemplazo de drenes de arena.
- Como una barrera capilar para la migración de sales en áreas áridas (PAVCO, 2006).

2.3.1.2.4 Función Filtro

Esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje. En los embalses con sistema de drenaje en la base, a fin de localizar posibles fugas, se utiliza como filtro en los tubos de drenaje a fin de evitar el taponamiento de los orificios de drenaje de dichos tubos (PAVCO, 2006, p. 11).

Aplicaciones:

- En lugar de filtro de suelo granular.
- Debajo de rellenos sanitarios para los lixiviados.
- Como protección contra los sedimentos.
- Como un encofrado flexible para reconstruir pilotes deteriorados.
- Entre el suelo de relleno y muros de gaviones (PAVCO, 2006, p. 11)

2.3.1.2.5 Función Protección

Previene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. En los embalses impermeabilizados este sistema geotécnico se denomina pantalla impermeabilizante y está formado por el geotextil y la geomembrana. El geotextil protege a la geomembrana de posibles perforaciones o roturas, al formar una barrera antipunzonante bajo la acción de la presión de la columna de agua durante la explotación del embalse, del paso de personal y maquinaria durante la construcción, mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante (PAVCO, 2006, p. 12).

De igual forma, protege a la Geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno. Las irregularidades pronunciadas implican una tensión en la lámina la cual a su vez causa una pérdida de espesor en la misma dando origen a puntos débiles en los que se podrían producir posibles perforaciones o roturas causadas por objetos punzantes del terreno. La interposición del geotextil evitará la pérdida de estanqueidad que se produciría por todas estas causas (PAVCO, 2006, p. 12).

Grafico 2-16 Función de Protección del Geotextil



Fuente: (PAVCO, 2006)

2.3.1.2.6 Función de Impermeabilización

Esta función se consigue desarrollar mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético. El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas (PAVCO, 2006, p. 12).

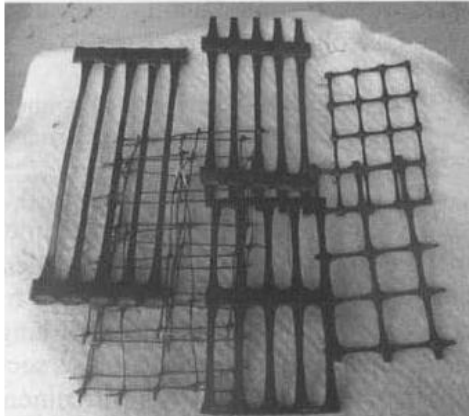
2.3.2 Geomallas

Dentro de los materiales Geosintéticos, ha sido uno de los materiales con mayor crecimiento tecnológico, siendo materiales principalmente plásticos o de Poliéster principalmente utilizados para el refuerzo de material de mejoramiento, ya sea en muros o en estructuras de pavimento.

Podríamos introducir el siguiente concepto: Es un material Geosintético que consiste en la unión de varias costillas y nudos con la suficiente apertura y tamaño para permitir el confinamiento del material de subrasante, piedras u otro material Geotécnico.

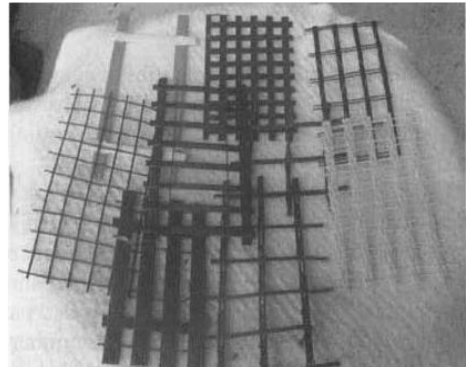
Las Geomallas son fabricadas en diversas formas, una de ellas por punzonado y estirado en una, dos o varias direcciones para ganar propiedades mecánicas (Grafico 2-17), otras están realizadas mediante la elaboración tecnificado de tejido y cocción (Grafico 2-18) o realizadas por uniones o conexiones entre costillas (Grafico 2.19).

Grafico 2-17 Geomalla de Poliolefina



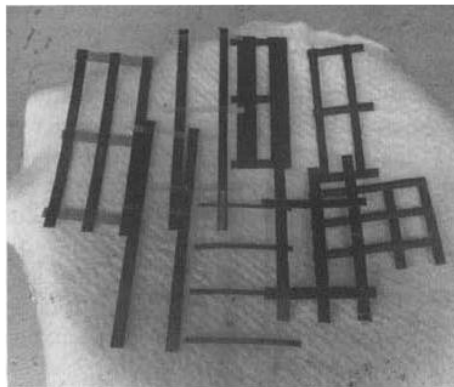
Fuente: (KOERNER, 1993)

Grafico2-18 Geomalla de Hilo Recubierto



Fuente: (KOERNER, 1993)

Grafico 2-19 Geomalla Realizadas por la Unión de Cintas



Fuente: (KOERNER, 1993)

A finales de los años 70's se desarrollaron las primeras Geomallas, siendo los inicios de los años 80's, originalmente la tecnología de las Geomallas se concentraron en el refuerzo de la capa asfáltica, de esta manera aumentar el rendimiento de la estructura de los pavimentos flexibles, posteriormente cambiando la colocación de las mismas hacia las capas de agregados.

En la fase experimental se comprobó que la Geomalla trabaja de una manera más eficaz cuando se coloca en la parte inferior de una capa base con 10 pulgadas o menos de espesor y en un punto medio de las capas más gruesas, además se observó que no debería tener un espesor menor a 4 pulgadas, como conclusión de esta investigación

se constató que la Geomalla se puede utilizar para disminuir el espesor de la capa base, disminuir espesor de capa de asfalto o aumentar la vida útil de la estructura del pavimento.

Con el aparecimiento de la guía de diseño de pavimentos AASHTO 1993, se actualizaron los diseños incluyendo la Geomallas es por este motivo que en el año 1996 se presentan estas cuatro opciones que se asocian a la incorporación de la Geomalla dentro del pavimento flexible.

- La extensión de la vida útil del pavimento
- Reducción de espesores en las capas base o subbase en un período de análisis equivalente.
- Aumento de la fiabilidad del pavimento

El diseñador podrá incluir en el diseño de la estructura del pavimento el aporte de la Geomalla con un factor llamado la Relación Tarifico Beneficio (TBR por sus siglas en ingles), basado en el aumento del tiempo de vida útil.

El diseño de la incorporación de la Geomalla dentro de una estructura del pavimento se presenta por la empresa TENSAR CORPORATION mediante el software SpectraPave4-PROMT en el año de 1998, actualizando continuamente, este programa considera las dos opciones, que son el incremento de la vida útil del pavimento y la estabilización de la subrasante, para el diseño se utiliza la metodología Giroud – Han. En el programa mencionado se estipula en el módulo de optimización de diseño de la estructura de pavimento el cumplimiento de la norma AASHTO R-50, Práctica estándar para Geosintéticos de Refuerzo para Agregado Base de estructuras de pavimento flexible (Tensar 2011), esta norma plantea las consideraciones generales para el diseño, pero no establece el procedimiento de diseño, por tal motivo todavía se rige a la metodología empírica establecida en la Guía de la AASHTO en el año 1993. El diseño por capa mejorada hace uso de los coeficientes basándose en la experiencia en pruebas de campo y laboratorio, además del seguimiento que se ha realizado al desempeño de las obras por más de 30 años, dichos coeficientes por tal motivos son exclusivos de cada material (KOERNER, 1993).

2.3.2.1 Clasificación de las Geomallas

Las Geomallas se dividen en tres tipos, los cuales se enuncian a continuación:

2.3.2.1.1 Geomallas Coextruídas Mono-Direccional

Las Geomallas mono-direccional son estructuras bi-dimensionales producidas de polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) utilizando un proceso de extrusión seguido de un estiramiento mono-direccional.

Este proceso permite obtener una estructura monolítica con una distribución uniforme de largas aberturas elípticas, desarrollando así gran fuerza a la tensión y gran módulo de tensión en la dirección longitudinal. La estructura de este tipo de geomallas provee un sistema de trabazón óptimo con el suelo especialmente de tipo granular (PAVCO, 2006).

Este tipo de Geomallas coextruídas de HDPE, son totalmente inertes a las condiciones químicas o biológicas que se presentan normalmente en el suelo, poseen gran resistencia a los esfuerzos de tensión, soportando hasta 160KN/m aproximadamente. Esto, con la capacidad del suelo de absorber los esfuerzos de compresión, da como resultado el concepto de estructura en suelo reforzado, similar al concepto del concreto y el acero de refuerzo (PAVCO, 2006, p. 14).

Grafico 2-20 Geomalla Mono-Direccional



Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

2.3.2.1.2 Geomallas Coextruídas Bi-Direccional

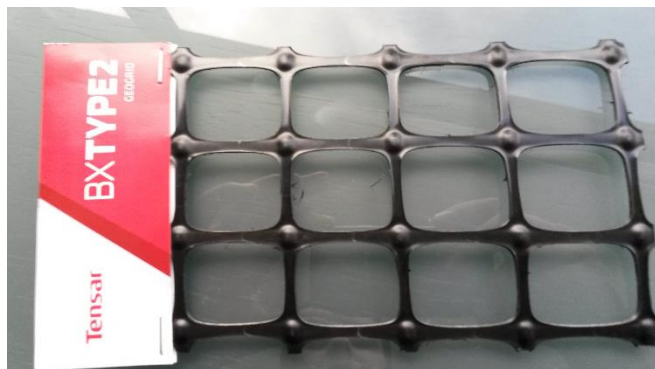
Este tipo de Geomallas son estructuras bi-dimensionales fabricadas de polipropileno, químicamente inertes y con características uniformes y homogéneas,

producidas mediante un proceso de extrusión y luego estiradas de forma longitudinal y transversal (PAVCO, 2006, p. 14).

Este proceso genera una estructura de distribución uniforme de espacios rectangulares de alta resistencia a la tensión en ambas direcciones y un alto módulo de elasticidad. Así mismo, la estructura de la geomalla permite una óptima trabazón con el suelo, este tipo de Geomallas coextruídas se componen de elementos y nudos rígidos que proveen un gran confinamiento (PAVCO, 2006, p. 14).

Son particularmente efectivas para reforzar estructuras de pavimentos rígidos y flexibles.

Grafico 2-21 Geomalla Bi-Direccional



Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

2.3.2.1.3 Geomallas Coextruídas Multi-Direccional

Este tipo de Geomallas se fabrica a partir de una lámina de polipropileno perforada, cada una de estas perforaciones es orientada en múltiples direcciones, para formar una abertura de triángulo equilátero, logrando una alta rigidez radial a lo largo de los 360 grados. Esta característica permite obtener un producto más eficiente que ofrece una óptima transferencia de la tensión del agregado al refuerzo por estas razones hace que sea superior a la Geomalla Biaxial.

Grafico 2-22 Geomalla Multidireccional

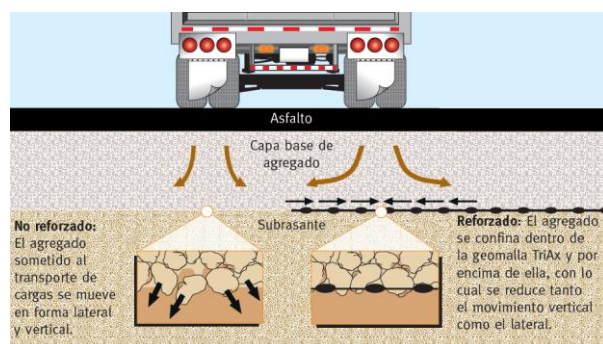


Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

2.3.2.2 Mecanismo de Refuerzo con la Geomalla

A través de múltiples investigaciones (Giroud y Noiray, 1981; Giroud et al. 1985; Berg et al, 2000), se ha encontrado que los 3 mecanismos principales de refuerzo que proporciona una geomalla biaxial o triaxial en una vía son los siguientes.

Grafico 2-23 Mecanismos de refuerzo con la Geomalla

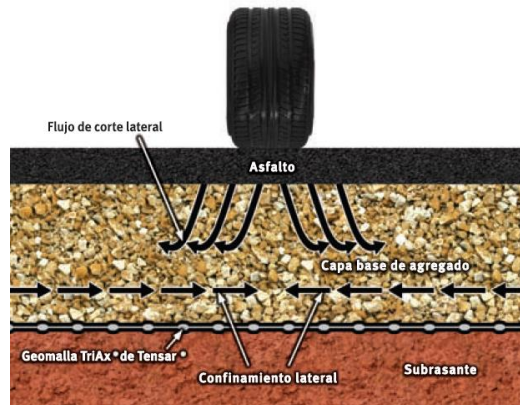


Fuente: (TENSAR CORPORATION, 2008)

2.3.2.2.1 Confinamiento Lateral de la Base o Subbase

El cual se logra a través de la fricción y trabazón de la geomalla con el agregado. Esto se presenta debido a que los módulos de los materiales granulares son dependientes del estado de esfuerzos, al aumentar el confinamiento lateral, aumenta el módulo de la capa granular sobre la Geomalla (PAVCO, 2006, p. 130).

Grafico 2-24 Confinamiento Lateral de la Geomalla

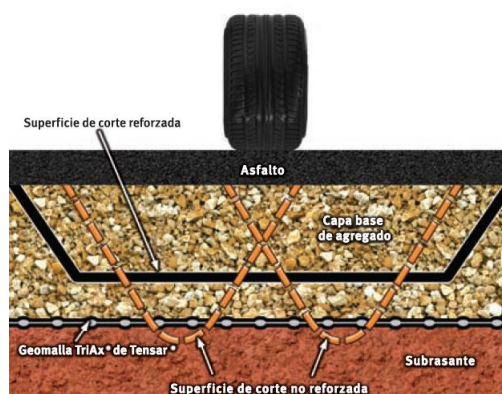


Fuente: (TENSAR CORPORATION, 2008)

2.3.2.2.2 Mejoramiento de la Capacidad Portante

Se logra desplazando la superficie de falla del sistema de la subrasante blanda hacia la capa granular de mucha más resistencia. Este mecanismo tiende a tener mayor validez en vías sin pavimentar o cuando el estado de esfuerzos sobre la subrasante es alto (PAVCO, 2006, p. 131).

Grafico 2-25 Mejoramiento de la Capacidad Portante



Fuente: (TENSAR CORPORATION, 2008)

2.3.2.2.3 Membrana Tensionada

Este efecto se origina en la propiedad por la cual un material flexible elongado, al adoptar una forma curva por efecto de la carga, el esfuerzo normal sobre su cara cóncava es mayor que el esfuerzo sobre la cara convexa, lo cual se traduce en que bajo la aplicación de carga el esfuerzo vertical transmitido por la Geomalla hacia la subrasante es menor que el esfuerzo vertical transmitido hacia la Geomalla. Sin embargo, este mecanismo solo ocurre a niveles de deformación demasiados altos como los que ocurren en vías sin pavimentar después de un número de repeticiones de carga elevado (PAVCO, 2006, p. 131).

2.3.2.3 Beneficios de la Geomalla

De acuerdo con lo anterior, el mecanismo de mayor importancia para las estructuras viales es el confinamiento lateral, mediante el cual se alcanzarían 4 beneficios principales:

2.3.2.3.1 Restricción del Desplazamiento Lateral de los Agregados de la Base o Subbase

La colocación de una o varias capas de la geomalla dentro o en el fondo de la capa de base permite la interacción por cortante entre el agregado y la geomalla, a medida que la base trata de desplazarse lateralmente. La carga por cortante es transmitida desde el agregado de la capa granular hacia la geomalla y la coloca en tensión. La alta rigidez de la geomalla actúa para retardar el desarrollo de la deformación por tensión en el material adyacente a esta, situación que se generará constantemente en la zona donde se encuentra un diferencial de tipos de estructura. Una deformación lateral más pequeña de la base o subbase se traduce en menor deformación vertical de la superficie de la vía (PAVCO, 2006, p. 131).

2.3.2.3.2 Aumento del Confinamiento y de la Resistencia de la Base o Subbase en la Vecindad del Refuerzo

Se espera un incremento en la rigidez de la capa granular cuando se desarrolla una adecuada interacción entre esta y la geomalla. Un aumento en el módulo de la base resultaría también en menores deformaciones verticales dinámicas

recuperables de la superficie de la vía, implicando una reducción en la fatiga del pavimento (PAVCO, 2006, p. 131).

2.3.2.3.3 Mejoramiento en la Distribución de Esfuerzos sobre la Subrasante

En sistemas estratificados, cuando existe un material menos rígido por debajo de la base o subbase, un aumento en el módulo de la capa de base o subbase resulta en una distribución de los esfuerzos verticales más amplia sobre la subrasante. En términos generales, el esfuerzo vertical en la subbase o subrasante directamente por debajo de la geomalla y de la carga aplicada debe disminuir a medida que aumenta la rigidez de la base. Esto se refleja en una deformación superficial menor y más uniforme (PAVCO, 2006, p. 131).

2.3.2.3.4 Reducción del Esfuerzo y Deformación por Corte sobre la Subrasante

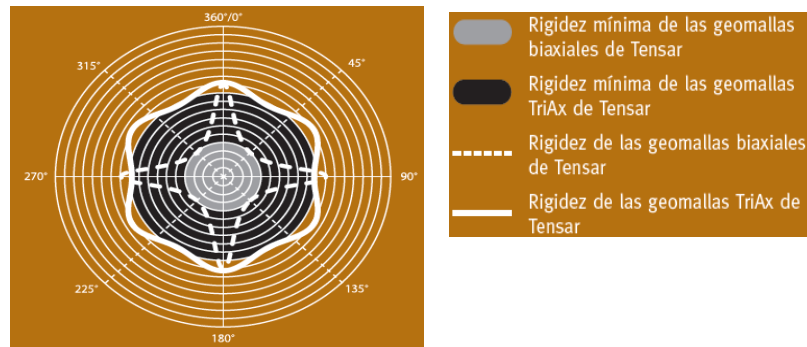
La disminución de la deformación por corte transmitida desde la base o subbase hacia la subrasante a medida que el cortante de la base transmite las cargas tensionales hacia el refuerzo, sumado a los menores esfuerzos verticales genera un estado de esfuerzos menos severo que lleva a una menor deformación vertical de la subrasante (PAVCO, 2006, p. 131).

2.3.2.4 Comparación Geomalla Multi-Direccional con Geomalla Bi-Direccional

Las geomallas Multidireccional fueron desarrolladas con un propósito específico: brindar un mejor desempeño y una mejor relación costo-beneficio en comparación con todas las geomallas disponibles actualmente en el mercado. En el Gráfico 2-26 se establece una comparación entre la rigidez de tensión de una Geomalla Multidireccional y una Geomalla Biaxial. En la Geomalla Biaxial la rigidez es alta en los dos sentidos ortogonales, pero significativamente inferior en el medio. Por el contrario, las aperturas triangulares exclusivas de la Geomalla Multidireccional garantizan una rigidez de tensión alta en todos los sentidos. Según estudios sobre el tema, esfuerzos radiales significativos tienen lugar bajo el transporte vehicular de cargas en movimiento. Por lo tanto, no sorprende que la Geomalla Multidireccional

ofrezca un rendimiento altamente superior al de la Geomalla Biaxial en pruebas comparativas de pavimento (PAVCO, 2006, p. 132).

Grafico 2-26 Comparación de Rigidez Geomalla Multi-Direccional con Geomalla Bi-Direccional



Fuente: (TENSAR CORPORATION, 2008)

2.3.2.5 Aplicaciones de las Geomallas

La Geomalla Multidireccional tiene un desempeño inigualable en aplicaciones con o sin pavimento lo que constituye la mejor solución de la industria en lo que respecta a la construcción de superficies transitadas más económicas, duraderas y confiables.

2.3.2.5.1 Aplicaciones con pavimento

Los sistemas con pavimento a menudo fallan antes de tiempo debido al desplazamiento lateral progresivo y al debilitamiento de la capa de base granular.

La Geomalla Multidireccional mejora la rigidez general de carreteras, estacionamientos, pistas de despegue/aterrizaje, áreas de maniobra y estacionamiento de aviones, instalaciones de transporte combinado y demás estructuras que sustentan el tráfico vehicular, lo cual ofrece un mayor desempeño. Un mejor desempeño de las secciones transitadas optimiza los costos generales de vida útil mediante la reducción de las tareas de mantenimiento y los intervalos de rehabilitación que son comunes para pavimentos, tanto flexibles como rígidos (TENSAR CORPORATION, 2008).

2.3.2.5.2 Aplicaciones sin pavimento

Las subrasantes débiles constituyen un problema habitual durante la construcción de caminos de carga pesada, estacionamientos, superficies de trabajo, áreas y parques de almacenamiento, y demás estructuras sin pavimento. La Geomalla Multidireccional brinda una solución simple para endurecer la capa granular y reducir el esfuerzo en la subrasante. Una mayor capacidad de construcción mejora en gran medida el acceso a los lugares de trabajo y reduce significativamente los costos iniciales y el mantenimiento futuro (TENSAR CORPORATION, 2008).

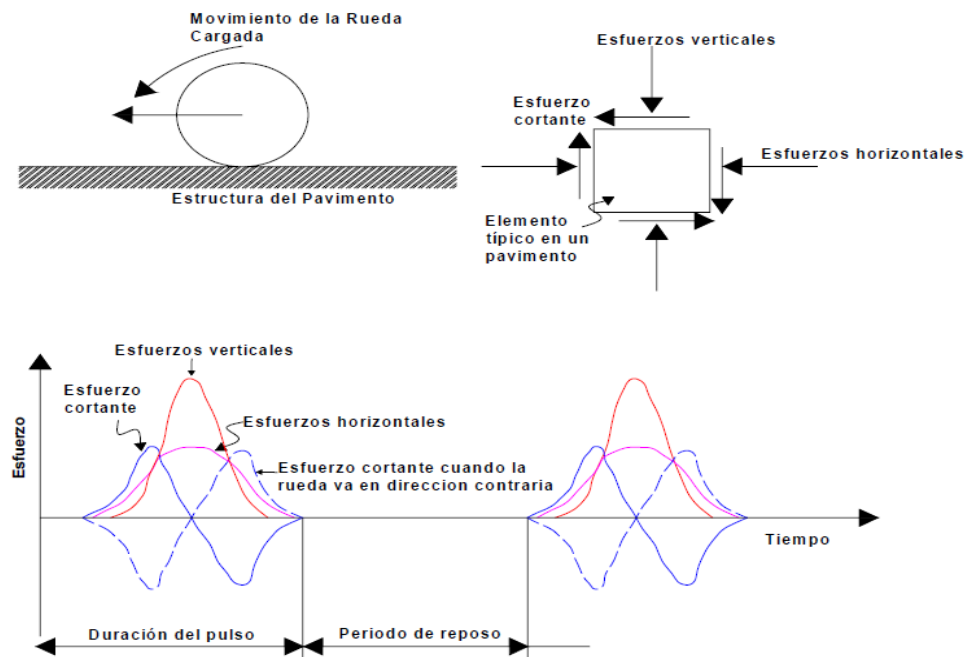
2.4 Módulo Resiliente

El estado de esfuerzos inducidos a una estructura de pavimento como consecuencia del tránsito de vehículos es muy variado y complejo. Un elemento del pavimento está sometido a pulsos de carga que involucran componentes de esfuerzos normales y cortantes. Los esfuerzos son transitorios y cambian conforme avanza la carga. (Brown, 1996)

En la gráfica 2-27 se muestra en general el régimen de esfuerzos experimentados en un elemento de material debajo de una estructura del pavimento, como resultado del movimiento de la rueda cargada. Hay pulsaciones de los esfuerzos verticales y horizontales que son acompañados por una doble pulsación del esfuerzo cortante con

una señal contraria en el plano vertical y horizontal. También se muestra la variación de los esfuerzos en el tiempo (Perez, 2008, p. 28).

Grafico 2-27 Condiciones de esfuerzos bajo el movimiento de la rueda cargada



Fuente: (Perez, 2008)

Este estado de esfuerzos se presenta en forma repetida cuando el paso de los vehículos se hace constante. En este proceso depende en gran medida de la acumulación de los ejes equivalentes (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002).

El profesor Seed et en 1962, definió el Módulo Resiliente como la magnitud del esfuerzo desviador repartido en compresión triaxial entre la deformación recuperable, siendo este equivalente al módulo de Young (módulo de elasticidad) y queda representado por :

Ecuación 2-1 Módulo de Resilencia

$$Mr = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

Fuente: (Perez, 2008)

Donde:

M_r = Modulo de Resilencia

σ_1 = Esfuerzo Principal Mayor

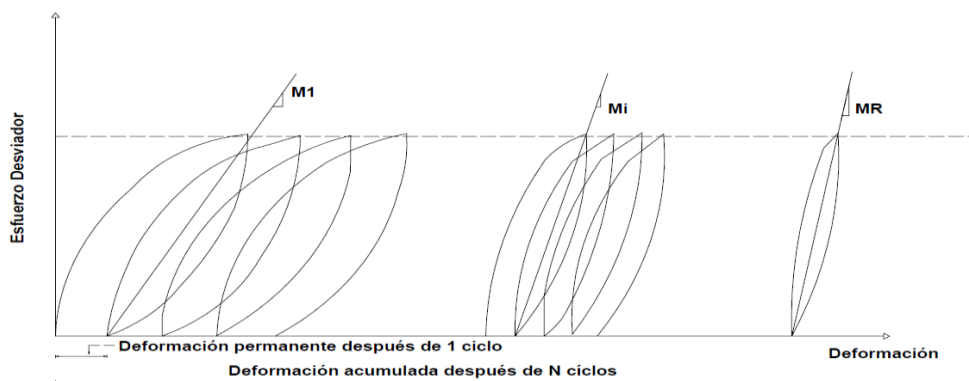
σ_3 = Esfuerzo Principal Menor

σ_d = Esfuerzo Desviador

ϵ_{axial} = Deformación Recuperable

Por lo tanto el concepto de Módulo de Resilencia está ligado a un proceso de carga repetida. Después de un cierto número de ciclos de cargas, el modulo llega a ser aproximadamente constante y por lo tanto la respuesta del suelo puede asumirse como elástica. El modulo que permanece constante se le llama Módulo de Resilencia como se observa en la figura 2-28. Esta definición es aplicable a materiales granulares así como a suelos finos.

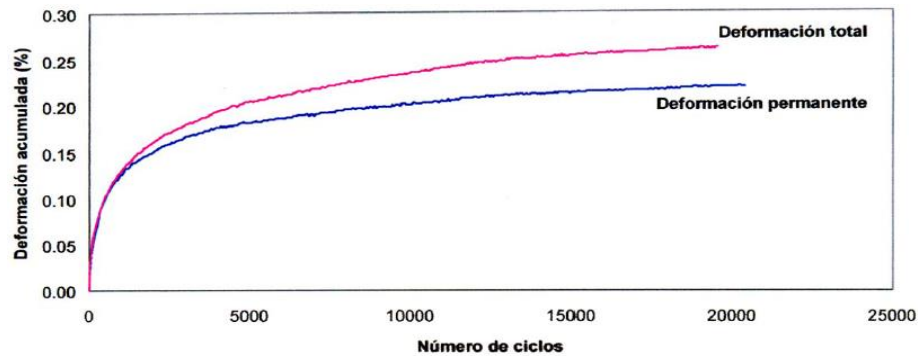
Grafico 2-28 Mecanismo por el cual la Deformación Permanente se va Acumulando



Fuente: (Perez, 2008, p. 30)

En la figura 2-29 se muestra la acumulación de las deformaciones total y plástica durante un cierto número de ciclos.

Grafico 2-29 Deformación Acumulada con el Número de Aplicaciones del Esfuerzo Desviador



Fuente: (Perez, 2008, p. 31)

2.4.1 Formas de Obtener el Módulo Resiliente

El Módulo Resiliente de bases granulares o suelos se puede obtener a través de correlaciones con otras propiedades de los materiales como CBR, a través de valores típicos dependiendo de la clasificación del material, por medio de modelos mecanísticos o por medio del ensayo de Módulo Resiliente en laboratorio (ACUÑA, 2009, p. 17)

2.4.1.1 Correlación con el Resultado de CBR

Anteriormente se utilizaban modelos empíricos que no incluían la dependencia en el estado de esfuerzos, basados en el CBR (California Bearing Ratio). Estos modelos simplistas se han utilizado a lo largo del tiempo hasta que se lograron desarrollar equipos de laboratorio que pueden simular los estados de esfuerzos que se pueden presentar en las capas del pavimento. En la Tabla 2-4 se presenta un resumen de algunos modelos empíricos (ACUÑA, 2009, p. 18)

Tabla 2-4 Modelos para encontrar el Mr a partir del dato del CBR

Expresión Matemática del Modelo (Mr en Mpa)	Referencia
$Mr = 10 * CBR$	Método de Diseño Shell Heukelom y Foster (1960)
$Mr = 38 * CBR^{0.711}$	Cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos Green y Hall (1975)
$Mr = 18 * CBR^{0.64}$	Transport and Road Research Laboratory (TRRL) Lister (1987)
$Mr = 21 * CBR^{0.65}$	Consejo de Sudáfrica Ayres (1997)
$Mr = B * CBR$	Guía de Diseño AASHTO 93 con $5,25 < B < 21$; $B = 10,5$ para $CBR < 10$
$Mr = 6,5 * CBR^{0.625}$	Colombia Suelos de Bogotá

Fuente: (ACUÑA, 2009, pág. 18)

2.4.1.1.1 Valores Típicos del Módulo Resiliente

En los Estados Unidos se han recopilado en una base de datos valores típicos de los materiales según su clasificación AASHTO o SUCS los cuales se resumen en la Tabla 2-5 y Tabla 2-6 obtenidas de la Guía Empírico-Mecánica para el Diseño de Pavimentos del año 2002 (ACUÑA, 2009, p. 18).

Tabla 2-5 Valores Típicos para Materiales Granulares y Suelos sin Estabilizar según la clasificación de suelos AASHTO

Los valores están en unidades de lb/pulg²

Clasificación del Material	Rango de Mr	Valor Típico de Mr
A-1-a	38,500 - 42,000	40,000
A-1-b	35,500 - 40,000	38,000
A-2-4	28,000 - 37,500	32,000
A-2-5	24,000 - 33,000	28,000
A-2-6	21,500 - 31,000	26,000
A-2-7	21,500 - 28,000	24,000
A-3	24,500 - 35,500	29,000
A-4	21,500 - 29,000	24,000
A-5	17,000 - 25,500	20,000
A-6	13,500 - 24,000	17,000
A-7-5	8,000- 17,500	12,000
A-7-6	5,000- 13,500	8,000

Fuente: (ACUÑA, 2009)

**Tabla 2-6 Valores Típicos para Materiales Granulares y Suelos sin Estabilizar
según la Clasificación de suelos SUCS**

Los valores están en unidades de lb/pulg²

Clasificación del Material	Rango de Mr	Valor Típico de Mr
CH	5,000 - 13,500	8,000
MH	8,000 - 17,500	11,500
CL	13,500 - 24,000	17,000
ML	17,000 - 25,500	20,000
SW	28,000 - 37,500	32,000
SP	24,000 - 33,000	28,000
SW-SC	21,500 - 31,000	25,500
SW-SM	24,000 - 33,000	28,000
SP-SC	21,500 - 31,000	25,500
SP-SM	24,000 - 33,000	28,000
SC	21,500 - 28,000	24,000
SM	28,000 - 37,500	32,000
GW	39,500 - 42,000	41,000
GP	35,500 - 40,000	38,000
GW-GC	28,000 - 40,000	34,500
GW-GM	35,500 - 40,500	38,500
GP-GC	28,000 - 39,000	34,000
GP-GM	31,000 - 40,000	36,000
GC	24,000 - 37,500	31,000
GM	33,000 - 42,000	38,500

Fuente: (ACUÑA, 2009)

Estos datos recomendados fueron obtenidos para la condición del contenido óptimo de humedad, por lo que es importante ser cautelosos a la hora de utilizarlos, pues es recomendable utilizar el Módulo Resiliente para las condiciones reales.

2.4.1.2 Modelos Utilizados para la Evaluación del Módulo Resiliente Materiales Granulares

El modelo de comportamiento sugerido por HUANG es na relación simple entre módulo de resiliencia y la suma de esfuerzos principales llamado invariante de tensiones y puede expresarse como:

Ecuación 2-2 Módulo de Resilencia (Modelo sugerido por HUANG)

$$Mr = K_1 \theta^{K_2}$$

Fuente: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 83)

donde K_1 y K_2 son obtenidas experimentalmente y θ es la suma de los esfuerzos principales, el cual puede ser la suma de los tres esfuerzos normales, σ_x , σ_y y σ_z o la suma de los tres esfuerzos principales σ_1 , σ_2 y σ_3 : (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 83)

$$\theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_d + 3\sigma_3$$

incluyendo el peso del sistema de capas es:

$$\theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z + \lambda z (1 + 2K_0)$$

donde λ es el peso volumétrico promedio, z es la profundidad a la cual se determina el módulo y K_0 es el coeficiente de presión de tierra en reposo.

La dependencia de la rigidez con los esfuerzos puede ser razonablemente representada como una función del estado de esfuerzos en la base granular. Muchas veces la inexactitud al utilizar los modelos conlleva a que los resultados no sean los esperados Uzan propuso un modelo que considera los efectos del esfuerzo cortante en los materiales granulares, definido de la siguiente manera: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 83)

Ecuación 2-3 Módulo de Resilencia (Modelo sugerido por Uzan)

$$Mr = K_a \left[\frac{\theta}{P_0} \right]^{K_b} \left[\frac{\sigma_d}{P_0} \right]^{K_c}$$

Fuente: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002)

dónde:

$\theta = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$ = Suma de los esfuerzos principales

$\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$ = Esfuerzo desviador

P_0 = Unidad de presión de referencia

K_a , K_b y K_c = Constantes del material obtenidas por una prueba triaxial con carga repetida en materiales granulares.

Este modelo ha dado resultados razonablemente buenos y es recomendado para su uso en la práctica para caracterizar materiales de base y subbase (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002).

2.4.1.2.1 Constantes No Lineales para Materiales Granulares

Basados en análisis estadísticos de datos publicados, Rada y Witczak (1981) presentaron la desviación estándar promedio del módulo de resiliencia para varios materiales granulares, como se muestra en la Tabla 2-7. (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 84)

Tabla 2-7 Constantes no lineales K_1 y K_2 para materiales granulares

(Según Rada y Wiczack, 1981)

Tipo de material	No. de datos	K_1 (MPa)		K_2	
		media	desviación estándar	media	desviación estándar
Arena limosa	8	11.17	0.54	0.62	0.13
Grava arenosa	37	30.89	29.65	0.53	0.17
Arena-grava	78	30.00	18.13	0.59	0.13
Roca triturada	115	49.70	51.64	0.45	0.23

Fuente: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 84)

Otros valores de K_1 y K_2 se presentan en la tabla 2-8

Tabla 2-8 Rangos de K_1 y K_2 para Materiales Granulares No Tratados

(Según Shook, 1982)

Referencias	Material	K_1 (MPa)	K_2
Hicks (1970)	Grava parcialmente triturada, roca triturada	11.03-34.48	0.57-0.73
Hicks y Finn (1973)	Base no tratada, tramo de prueba (San Diego)	14.48-37.23	0.61
Allen (1973)	Grava, roca triturada	12.41-55.16	0.32-0.70
Kalcheff y Hicks (1973)	Roca triturada	27.58-62.06	0.46-0.64
Boyce et al (1976)	Caliza triturada bien graduada	55.16	0.67
Monismith y Witczak (1980)	Materiales de base y subbase en servicio	20.00-53.44	0.46-0.65

Fuente: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 84)

2.4.2 Parámetros que Afectan al Módulo Resiliente

Los materiales granulares se ven afectados en su determinación del módulo por una serie de factores que influyen su comportamiento, tales como: la presión de confinamiento y el estado de esfuerzos, el contenido de agua, el contenido de finos, entre otros (LEAL, 2010, p. 23).

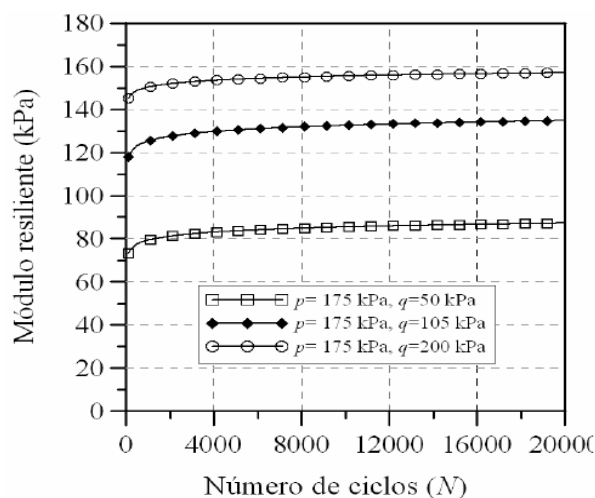
A continuación se detallan los parámetros que afectan al Módulo Resiliente:

2.4.2.1 Presión de Confinamiento y Estado de Esfuerzos

Los materiales granulares si presentan una dependencia directa en su magnitud del Módulo Resiliente con el estado de esfuerzos al que estén sometidos, principalmente con la presión de confinamiento.

Investigadores como Heydinger, 1996; Theyse, 2002; Lekarp y Isacsson, 2001, entre otros, han demostrado que el Módulo Resiliente en materiales granulares posee una importante relación con el esfuerzo de confinamiento aplicado, así como una proporcionalidad directa en su respuesta con la sumatoria de los esfuerzos principales. Elliott y David (1989), resaltaron en sus investigaciones la influencia del estado de esfuerzos aplicado en el valor del Módulo Resiliente obtenido (LEAL, 2010, p. 23).

Grafico 2-30 Variación del Módulo Resiliente con el Esfuerzo Desviador



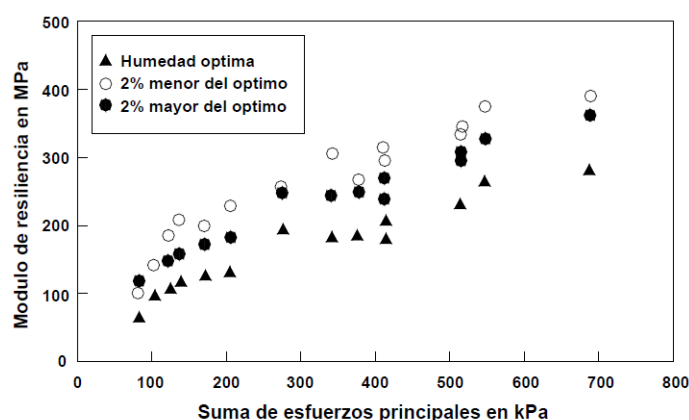
Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2007, p. 10)

2.4.2.2 Contenido de Agua

Haynes y Yoder (1963), reportaron que el Módulo Resiliente tiene una marcada influencia con el contenido de humedad, presentando una disminución en su magnitud al incrementarse la cantidad de agua en el material. Una investigación que respalda Hicks y Monosmith (1971), donde mostraron que el Módulo Resiliente se reducía cuando se incrementaba el contenido de humedad de la muestra por encima de su valor óptimo.

Tiam (1998), en un estudio experimental estableció la dependencia del módulo Resiliente ante la variación del contenido de agua de las muestras. Los resultados demostraron que en la medida que se aumenta el contenido de humedad, el módulo encontrado disminuía para estados de esfuerzos similares (LEAL, 2010, p. 24).

Grafico 2-31 Valores de Módulo de Resiliente obtenidos para Diferentes Contenidos de Agua



Fuente: (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus, 2002, p. 82)

2.4.2.3 Contenido de Finos

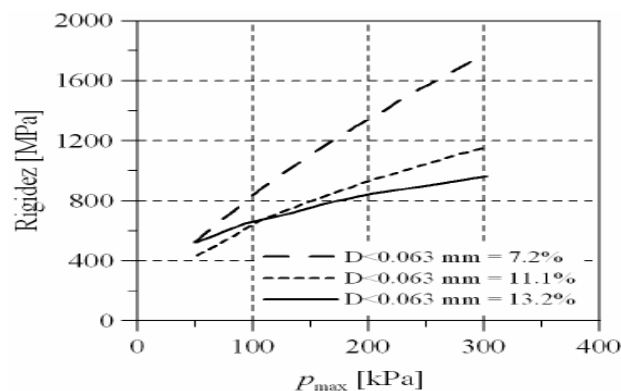
Algunos estudios como los de Allen y Thompson (1974), Dawson (2000) y Tutumluer (2003), han concluido que el contenido de finos presente en una material granular tiende a disminuir su rigidez, influyendo en su respuesta resiliente cuando se encuentra sometido a carga axial dinámica.

Magnusdottir y Erlingsson (2002) obtuvieron una reducción significativa en la magnitud del módulo cuando se pasó de un 7.2% a un 13.2% de contenido de finos.

Algunas investigaciones han obtenido conclusiones opuestas, como la de Coronado (2005), quién reportó un incremento en el valor del módulo cuando el contenido de finos se incrementó de un 7% a un 10%.

Aunque no existe un consenso definido entre el contenido de finos y su comportamiento en el valor del módulo resiliente, si es claro que a grandes contenidos de finos, el material granular tiende a disminuir su rigidez y a comportarse más como un material fino que como un material grueso (LEAL, 2010, p. 25).

Grafico 2-32 Efecto del Contenido de Finos sobre el Módulo Resiliente

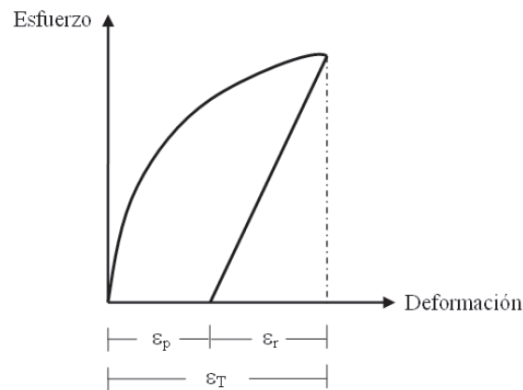


Fuente: (LEAL, 2010, p. 25)

2.5 Deformación Permanente

Al someter un material granular a una serie de ciclos de carga y descarga parte de la deformación total (ϵ_T) que se produce es recuperada (deformación resiliente) (ϵ_r), aquella deformación que no se recupera se acumula con cada repetición del ciclo y se la denomina deformación permanente (ϵ_p), precisamente en las estructuras de los pavimentos estas deformaciones son las que producen hundimientos o desplazamientos que pueden generar fallas en la estructura del pavimento. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 73)

Grafico 2-33 Curva Típica Esfuerzo – Deformación en un Ciclo de Carga



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 73)

Como un elemento que puede ayudar a mejorar la rigidez de la estructura y de esta manera aumentar la vida útil del pavimento se plantea incorporar una Geomalla Multidireccional, para comprobar esta hipótesis se propone medir la Deformación Permanente utilizando los procedimientos del informe 598 de la NCHRP, las muestras ensayadas con este procedimiento se los ensaya inmediatamente después del procedimiento AASHTO T307, por lo que las muestras ya fueron acondicionadas con un número y amplitud de cargas.

2.5.1 Parámetros que Afectan a la Deformación Permanente

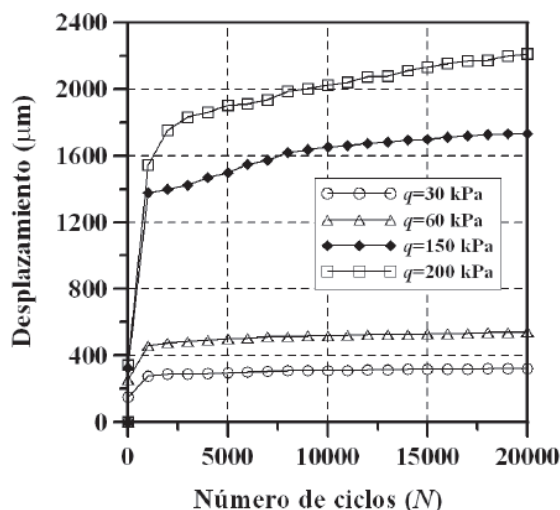
Existen varios factores que afectan en la Deformación Permanente, como la influencia del esfuerzo desviador, historia del esfuerzo, contenido de agua, densidad y granulometría.

Las cargas vehiculares y la frecuencia de estas sobre una estructura de pavimento, producen esfuerzos y deformaciones, se deben controlar las deformaciones producidas por las cargas dinámicas, ya que esto ocasionaría la fatiga del material.

2.5.1.1 Influencia del Esfuerzo Desviador

La acumulación de la deformación vertical en un material granular incrementa proporcionalmente con la magnitud del esfuerzo desviador (σ_d) y disminuye con el aumento de la presión de confinamiento (σ_3) (Reyes y Rondón, 2007). Como ejemplo se presentan en las Figura 2-34 (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, pp. 73 - 74)

Grafico 2-34 Influencia del Esfuerzo Desviador sobre la Deformación Permanente



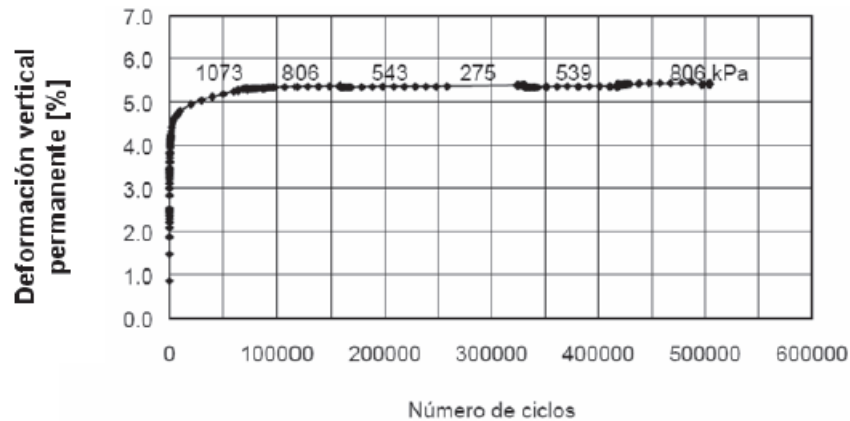
Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 74)

Cuando la magnitud del esfuerzo desviador es alta (cercana al valor de falla monotónica) en comparación con la presión de confinamiento, el material experimenta deformación permanente en el tiempo, sin alcanzar una fase de equilibrio en la deformación. Lo anterior puede llevar a la falla del material (Brown, 1974) (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 74).

2.5.1.2 Influencia de la Historia del Esfuerzo

Garnica y Gómez (2001), Kalcheff y Hicks (1973), Shenton (1974), observaron que cuando la carga cíclica se aumenta gradualmente sobre un material granular la deformación es mucho más pequeña que cuando se aplica directamente la carga más grande. Es decir, cargas previas sobre estos materiales causan una reducción significativa de la deformación vertical experimentada bajo carga subsiguiente y, por lo tanto, la máxima carga cíclica aplicada controla la futura magnitud de la deformación permanente (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77)

Grafico 2-35 Influencia de la Historia de Esfuerzos



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77)

2.5.1.3 Influencia del Contenido de Agua

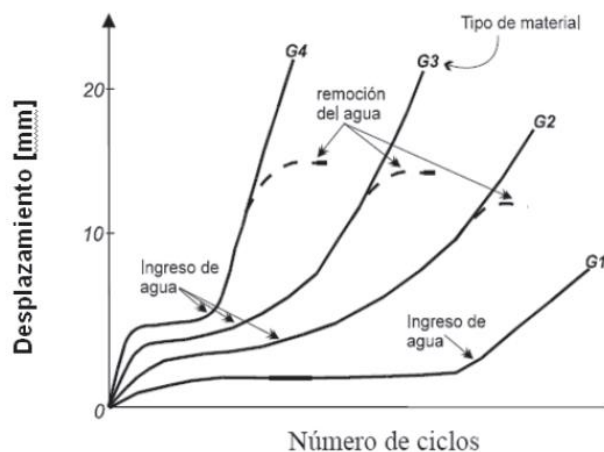
Existe un contenido de agua que es beneficioso para elevar la resistencia a la deformación permanente. Incrementos adicionales a este contenido óptimo de agua generan en el material un aumento del grado de saturación, acompañado por elevación de la presión de poros y disminución de los esfuerzos efectivos, lo que induce pérdida de la rigidez y de la resistencia a la deformación permanente (Barksdale, 1972) (Cost 337, 2000) (Gidel et al., 2001) (Dawson et al., 1996).

Holubec (1969), realizó ensayos triaxiales cíclicos sobre un material tipo macadán y una grava-arena. En el macadán observó que un aumento en el contenido de agua de 3.1% a 5.7% genera un incremento del 300% en la deformación permanente. De manera similar observó un incremento del 200% de la deformación cuando se incrementó en la grava-arena el contenido de agua de 3.0% a 6.6% (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77).

Freeme y Servas (1985), basados en ensayos sobre pistas de prueba en Sudáfrica y empleando 4 materiales granulares distintos (G1, G2, G3, G4), reportan que la tasa de deformación permanente incrementa en el tiempo cuando es permitido el ingreso del agua a la capa granular en un pavimento y no es posible su drenaje. En un paso posterior se permitió de nuevo el drenaje en la capa granular y el material disminuyó

su tasa de deformación hasta alcanzar una fase de equilibrio (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77).

Grafico 2-36 Influencia de las Condiciones de Drenaje sobre la Deformación Vertical Permanente

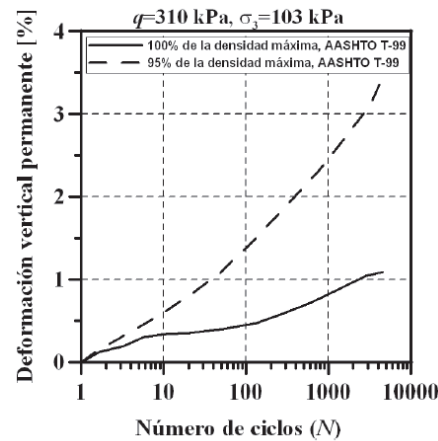


Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77)

2.5.1.4 Influencia de la Densidad

En general, la reducción en la densidad de un material granular genera disminución de la resistencia a la deformación permanente (Lekarp et al. 2000) (Barksdale, 1972). Un ejemplo de la influencia de la densidad sobre la acumulación de la deformación vertical permanente en materiales granulares se presenta en el Grafico 2-37. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 79)

Grafico 2-37 Efecto de la Densidad sobre la Acumulación de la Deformación Vertical Permanente

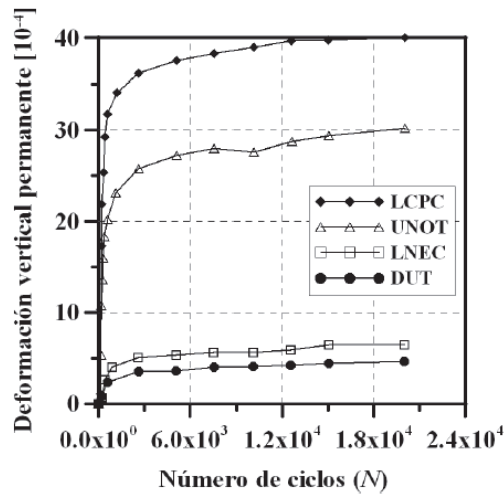


Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 77)

En 1989, cuatro laboratorios de investigación (Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil (LNEC), University of Nottingham (UNOT), Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

(LCPC) y Delft University of Technology (DUT) realizaron ensayos triaxiales cíclicos sobre un material granular. Uno de los fines del estudio era comparar el funcionamiento de los equipos triaxiales. Los ensayos en los 4 laboratorios utilizaron la misma granulometría, contenido de agua y trayectorias de esfuerzos. Los resultados de deformación permanente fueron distintos en los 4 laboratorios Grafico 2-38 y esta diferencia se debió principalmente a que los laboratorios empleaban diferentes métodos de compactación de las muestras. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 79).

Grafico 2-38 Deformación Vertical vs Numero de Ciclos



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 79)

2.5.1.5 Influencia de la Granulometría, Tamaño Máximo, Cantidad de Finos y Forma de la Partícula

Thom y Brown (1987, 1988) reportan que muestras con gradación uniforme no compactadas presentan mayor resistencia a la deformación permanente que muestras bien gradadas sin compactar. Sin embargo cuando compactaron las muestras observaron que la gradación no afectaba la deformación permanente. Además, concluyen que muestras con alta presencia de finos reducen la resistencia a la deformación permanente.

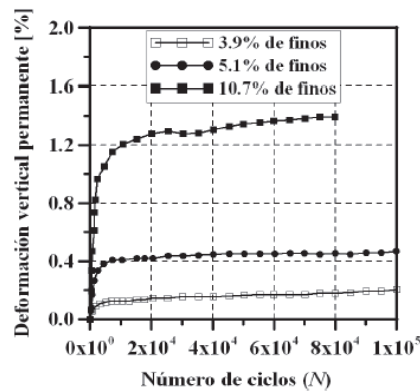
De acuerdo con estudios realizados por Barksdale Itani (1989), materiales con partículas redondeadas experimentaron dos veces mayor deformación permanente que materiales con partículas fracturadas. Además, cuando la gradación es más fina la tendencia es a experimentar mayor deformación. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 80)

Pérdida de resistencia por la presencia de altos contenidos de finos son reportados también por Barksdale (1972) y Thom y Brown (1988). Kamal et al., (1993) observaron que la resistencia a la deformación permanente es mayor para materiales bien gradados. Reportan que una elevada cantidad de finos en materiales granulares genera mayor deflexión en las estructuras de pavimento, pero existe un valor óptimo

de contenido de finos para el cual el material presenta la mayor resistencia a la deformación.

En la Grafica 2-39 se presenta el efecto del contenido de finos sobre la deformación permanente en resultados de ensayos triaxiales cíclicos reportados por Kolisoja, et al., (2002). La presión de celda fue de 50 kPa y el esfuerzo vertical de 300 kPa, un incremento en el contenido de finos de 3.9 a 10.7% incrementa notablemente los valores de deformación permanente. (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 80)

Grafico 2-39 Influencia del Contenido de Finos sobre la Acumulación de la Deformación Vertical



Fuente: (RONDON Hugo, REYES Freddy, 2009, p. 80)

3. CAPITULO III

CONCEPTOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Ensayos a la Base Granular

3.1.1 Obtención de la Base Granular en Campo

La obtención del material de Base Granular fue en el Km 25 Vía Quito – Papallacta, en la provincia de Pichincha - Ecuador. El material que se obtuvo fue de la cantera utilizada por la Constructora la cual en el momento del muestreo en campo del material se encontraba realizando la ampliación de Vía Quito – Papallacta. Para el muestreo del material se siguió la norma ASTM D-75

3.1.2 Granulometría

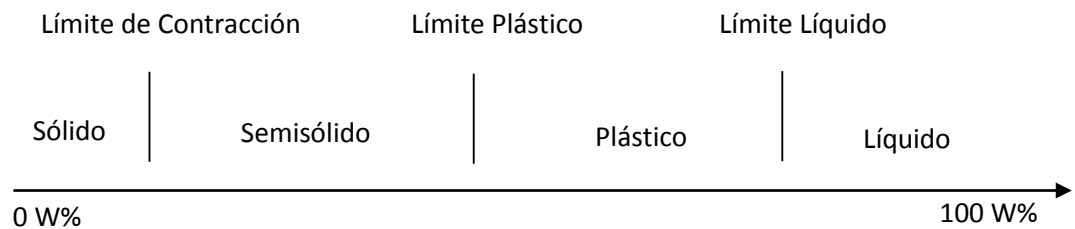
Se denomina distribución granulométrica de suelo a la subdivisión del mismo en diferentes fracciones seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes. Las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, de forma correlativa para las diferentes fracciones.

La separación en fracciones se hace por medio de mallas de aberturas sucesivamente menores. La numeración de los tamices entre mallas iguales a mayores a 3/8 de pulgada. En la numeración de los tamices menores a estos, por ejemplo tamiz #4, el número indica cuantas aberturas existen por cada pulgada lineal. Para los suelos que contienen pequeña cantidad de partículas finas que deben ser separados de las partículas gruesas y que no pueden ser separados por un proceso mecánico de tamizado, se hace un prelavado inicial del suelo para remover las partículas finas; el material que queda retenido en el tamiz #200 durante el proceso de lavado es luego secado y tamizado. Sin embargo la parte de suelo que pasa por el tamiz en mención es analizado por la prueba del hidrómetro, la cual está basada en la ley de Stokes y corresponde básicamente a partículas arcillosas o limos finos.

3.1.3 Límites de Atterberg

También llamados límites de consistencia, y se basan en el concepto de que un suelo fino puede encontrarse en diferentes estados dependiendo del contenido de humedad. Los estados de consistencia son: Solido, Semisólido, Plástico y Líquido.

Como se puede observar en el grafico a medida que va aumentando el contenido de agua, va disminuyendo la interacción de las partículas y el comportamiento del suelo se asemeja a la de un líquido.



3.1.3.1 Límites Líquido (ASTM D 4318-05)

Es el contenido de agua de un suelo remoldeado en el punto de transición entre los estados líquido y plástico.

3.1.3.2 Limite Plástico (ASTM D 4318-05)

Es el contenido de agua del suelo remoldeado en el punto de transición entre los estados plástico y semisólido.

3.1.3.3 Límite de Contracción (ASTM D 427-05)

Es el contenido máximo de humedad para el cual una reducción del contenido de agua no origina una disminución en el volumen de la masa del suelo.

3.1.3.4 Índice Plástico (ASTM 4318-05)

Es la diferencia numérica entre el limite líquido y el limite plástico, es decir indica el rango dentro del cual se puede variar el contenido de humedad dentro de una condición plástica. ($IP = LL - LP$).

Los suelos que tiene índice de plasticidad alto son altamente compresibles. Es evidente que el índice de plasticidad es una medida de la cohesión; índices de plasticidad es una medida de la cohesión; índices de plasticidad altos denotan un alto grado de cohesión; suelos que no tienen índice de plasticidad tales como las arenas de baja cohesión, son

denominados suelos no plásticos (NP). (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011)

3.1.4 Clasificación de la Base Granular (SUCS y ASSHTO)

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de suelos para el estudio de vías y aeropistas son el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y el de la American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO) (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011).

3.1.4.1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) (ASTM D-2488)

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande y esta clasificación divide al suelo en:

- **Suelos de Grano Grueso:** Comprende *gravas y arenas*. Son suelos de grano grueso, poseen una mínima cohesión; son fácilmente identificables por inspección visual y se caracterizan por su alta permeabilidad, por su relativa estabilidad frente a las cargas del tráfico y por su baja expansión y compresión al variar su contenido de humedad. Sin embargo son estables cuando se encuentran confinados.

- **Suelos de Grano Fino:** Comprende *limos y arcillas*. Los *limos* son suelos de grano fino y de baja o mediana plasticidad, y con un tamaño intermedio entre arenas y arcillas. Son poco cohesivos, relativamente compresibles y expansibles y poseen una estabilidad variable frente a las cargas de tráfico.

Las *arcillas* se caracterizan por su alto contenido de partículas finas, generalmente poseen una mediana plasticidad o alta. Son resistentes cuando están secos y cambian considerablemente de volumen con las variaciones de humedad.

- **Suelos Orgánicos:** Comprende *turbas y limos orgánicos*. El término orgánico demuestra que son suelos que contienen una apreciable cantidad de materia orgánica animal o vegetal en varios estados de descomposición. Se debe tener mucho cuidado

al usar este suelos para fundaciones o como material de construcción, ya que generalmente la materia orgánica reduce la capacidad de carga de un suelos y aumenta la compresibilidad del mismo.

Con los resultados obtenidos de la granulometría, la clasificación se la realiza de acuerdo a la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

TIPO DE SUELO	CLASIFICACION			CLASIFICACION	
				GRUPO	NOMBRE
SUELOS GRUESOS	Gravas		$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
Mas del 50% es retenido por el tamiz #200	Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en el tamiz #4	Menos del 5% pasa por el tamiz #200	$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Entre el 5% y 12 % pasa por el tamiz #200	Caso de frontera que deben tener símbolo doble de acuerdo a su plasticidad y granulometría	GC - GW GM - GW GC - GP GM - GP	
		Más del 12% pasa por el tamiz #200	Obtener Límite Líquido e Índice de Plasticidad	GM	Grava limosa
				GC	Grava arcillosa
	Arenas	Menos del 5% pasa por el tamiz #200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
	50% o más de la fracción gruesa pasa por el tamiz #4		$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Entre el 5% y 12 % pasa por el tamiz #200	Caso de frontera que deben tener símbolo doble de acuerdo a su plasticidad y granulometría	SC - SW SM - SW SC - SP SM - SP	
		Más del 12% pasa por el tamiz #200	Obtener Límite Líquido e Índice de Plasticidad	SM	Arena limosa
				SC	Arena arcillosa
SUELOS FINOS	Limos y arcillas	Inorgánico	$IP > 7$ y cae arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
Más del 50% pasa por el tamiz #200	LL < 50		IP entre 4 y 7 y cae arriba de la línea "A"	ML - CL	
			$IP < 4$ o cae debajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánico	$LL < 0,75$	OL	Arcilla orgánica
	Limos y Arcillas			OL	Limo orgánico
	LL ≥ 50	Inorgánico	IP cae arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP cae debajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánico	$LL < 0,75$	OH	Arcilla orgánica
		Prima la materia orgánica, color oscuro y hedor orgánico		PT	Turba

Fuente: (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 30)

3.1.4.2 American Association of State Highway Officials (AASHTO)

La American Association of State Highway Officials adoptó este sistema de clasificación de suelos, tras varias revisiones del sistema adoptado por el Bureau of Public Roads de Estados Unidos. Es el sistema más utilizado en la clasificación de suelos en carreteras (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 31).

Los materiales granulados están divididos en 3 grupos: A1, A2 y A3; los materiales de sedimento están divididos en 4 grupos principales: A4, A5, A6, A7.

Las principales características de cada uno de estos grupos son las siguientes:

GRUPO A-1. El material típico de este grupo es el que comprende mezclas bien graduadas de piedra, fragmentos de grava, arena gruesa, arena fina y un aglutinamiento de suelo no plástico o débilmente plástico. Este grupo se subdivide en 2 grupos: A-1-a y A-1-b.

SUBGRUPO A-1-a. Incluye aquellos materiales que contienen predominantemente fragmentos de piedra o grava, con o sin aglutinamiento y bien graduados.

SUBGRUPO A-1-b. Incluye materiales que contienen predominantemente arena gruesa con o sin aglutinante y bien graduadas.

GRUPO A-3. Material típico de este grupo constituyen las arenas de playas y desiertos, sin limo ni arcilla o con muy pequeña cantidad de limo no plástico. El grupo incluye también mezclas de arena fina pobremente graduada, y pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.

GRUPO A-2. El grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que no pueden ser clasificados como A-1 ó A-3 debido a su contenido de finos o su índice de plasticidad.

SUBGRUPOS A-2-4 y A-2-5. Estos subgrupos incluyen materiales como grava y arena gruesa con contenidos de limos o índices de plasticidad que exceden las limitaciones del grupo A-1, y arena s finas que contienen limos no plásticos y que exceden las limitaciones del grupo A-3.

SUBGRUPOS A-2-6 y A-2-7 Comprenden materiales similares a los descritos bajo los subgrupos A-2-4 y A-2-5, excepto que la porción fina contenga arcillas plásticas con características de los grupos A-6 y A-7

GRUPO A-4. El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o ligeramente plástico, que, usualmente tiene 75% o más que pasa el tamiz 200. El índice de grupo varía entre 1 y 8, disminuyendo su valor al aumentar el porcentaje de material grueso.

GRUPO A-5. Los materiales de este grupo son similares a los del A-4, excepto que incluyen suelos de baja graduación que contienen materiales de mica y diamotea, generadores de propiedades elásticas y de muy escasa estabilidad. El índice de grupo varía entre 1 y 12, aumentando su valor cuando se combina los efectos de aumento de límite líquido y disminución del porcentaje de materia gruesa.

GRUPO A-6. Está compuesto predominantemente de materiales arcillosos con cantidades moderadas de material grueso. Se caracterizan por los altos cambios de volumen al variar de los estados húmedo al seco. El índice de grupo varía entre 1 y 16.

GRUPO A-7. Los materiales de este grupo son similares a los del A-6, con la diferencia de que estos tienen límites muy altos, característica del grupo A-5; además pueden ser elásticos y estar sujetos a cambios volumétricos considerables. El índice de grupo varía entre 1 y 20, obteniéndose mayores valores al disminuir el porcentaje de material grueso y aumentar el límite líquido y el índice de plasticidad.

SUBGRUPO A-7-5. Incluye aquellos materiales con moderados índices de plasticidad, en relación con el límite líquido; y que están sujetos a considerables cambios de volumen.

SUBGRUPO A-7-6. Dentro de este subgrupo están los materiales con altos índices de plasticidad en relación con el límite líquido; y además están sujetos a cambios de volumen extremadamente altos.

GRUPO A-8. Este grupo no consta en la tabla, pero se lo ha usado para describir depósitos de turba, basura, etc, que se encuentran generalmente en áreas pantanosas (inestables). Se caracterizan por tener baja densidad, alto contenido de humedad, contenido orgánico, etc. Todo lo cual hace de este, un suelo muy inestable que, definitivamente no sirve como material de subrasante.

En esta clasificación los suelos se clasifican en siete grupos (A-1, A-2,..., A-7), según su granulometría, límite plástico e índice de plasticidad. Más concretamente, en función del porcentaje que pasa por los tamices #200, 40 y 10, y de los Límites de Atterberg de la fracción que pasa por el tamiz #40. Estos siete grupos se corresponden a dos grandes categorías de suelos, suelos granulares (con no más del 35% que pasa por el tamiz #200) y suelos limo-arcillosos (más del 35% que pasa por el tamiz #200). Como complemento de esta clasificación se tiene el índice de grupo, que permite caracterizar mejor cada suelo dentro de los grupos, ya que estos admiten suelos con porcentajes de finos y plasticidad muy diferentes. (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 31.)

Índice de Grupo

El índice de grupo se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

Siendo:

F: Porcentaje en peso que pasa por el tamiz #200 del material, expresado en número entero.

LL: Límite Líquido

IP: Índice de Plasticidad.

Después de obtener todos los resultados correspondientes, se realiza la clasificación con la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Clasificación de Suelos según AASHTO

Clasif. General	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla nº 200)							Limos y Arcillas (35% pasa malla nº 200)			
Grupos	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Subgrupos	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
% que pasa tamiz :											
Nº 10	50 máx										
Nº 40	30 máx	50 máx	51 mín								
Nº 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	
Caract. Bajo Nº 40											
LL				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
IP	6 máx	6 máx	NP	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
IG	0	0	0	0	0	4 máx	4 máx	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Terreno fundación	Excelente		Excelente	Excelente a bueno				Regular a malo			

**El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es menor o igual a (LL - 30)
El índice de Plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor a (LL - 30)**

Fuente: (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 32)

El índice de grupo se expresa en números enteros positivos (un número negativo se expresará como IG = 0 y se escribe entre paréntesis a continuación de los símbolos de grupo o subgrupo correspondientes, por ejemplo A-2-4 (0). Generalmente cuanto menor es el IG de un suelo, mejores son las cualidades del suelo como explanada o capa de asiento del firme. Los suelos de los grupos A-1, A-3, A-2-4 y A-2-5, que pueden calificarse de buenos a excelentes, tienen un IG = 0. Un IG = 20 o mayor corresponde a un suelo de muy mala calidad, en condiciones medias de drenaje y compactación. El valor crítico de finos es $F = 35$ con independencia de la plasticidad, y si el índice de plasticidad es superior a 10 este valor será $F = 15$. Los valores críticos del límite líquido y del índice de plasticidad serán, respectivamente, 40 y 10. Por último, hay que señalar que para calcular el IG de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 sólo se considera el segundo sumando de la expresión (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 32).

RELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS S.U.C.S. Y AASTHO

Una relación aproximada entre los dos sistemas de clasificación de suelos, se muestra en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3 Cuadro Comparativo de Clasificación de Suelos SUCS - AASHTO

SUELO	AASHTO		
S.U.C.S.	Más posible	Posible	Posible pero improbable
GW	A-1-a	-	A-2-4, A-2-5
GP	A-1-a	A-1-b	A-2-6, A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4, A-7-6, A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4, A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6, A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	-
CL	A-6, A-7-6	A-4	-
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5, A-7-6	-
MH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	-
OH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
PI	-	-	-

Fuente: (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011)

3.1.5 Contenido de Humedad (ASTM C566)

En los suelos el agua es un elemento de gran importancia. El contenido de humedad se define como el peso de agua contenido dentro de una masa de suelo comparada con el peso seco del mismo, generalmente se expresa en porcentaje

$$w(\%) = (W - W_s)/W_s * 100$$

Siendo

w(%) = Porcentaje de Humedad

W = Peso de la muestra húmeda

Ws = Peso de la muestra seca

3.1.6 Gravedad Específica (ASTM C 127 y C 128)

Una descripción breve del método de prueba de este ensayo es: una muestra de agregado se sumerge en agua por aproximadamente 24 horas, para esencialmente llenar los poros. Después la muestra se retira del agua, secada

superficialmente y pesada. Subsecuentemente el volumen de la muestra se determina por el método del desplazamiento de agua, la muestra se seca en el horno y finalmente la masa se determina. Usando las masas obtenidas y las fórmulas de este método de prueba, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción. La densidad relativa es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados, incluyendo concreto asfáltico, etc, y que son proporcionadas y analizadas con base en el volumen absoluto. (GARNICA Paul, GOMEZ Jose, PEREZ Alfonso, CHAVEZ Julio, 2004, p. 35)

3.1.7 Abrasión (ASTM C-535)

El resultado de esta prueba es indicador particular de la calidad física del agregado y debe relacionarse con la posibilidad que éste tiene para utilizarse en la fabricación de pisos y pavimentos de concreto, donde los agregados estarán expuestos en la superficie. Los agregados con altas pérdidas en estas pruebas se degradan fácilmente y resulta difícil mantener su curva granulométrica intacta durante los procesos de manejo del material (producción, transporte, almacenamiento, mezclado, etc.). Incluso en el caso de que la pérdida sea extrema, se pueden crear problemas por cambio de granulometría y formación de finos durante el mezclado del concreto o bien durante la colocación y compactación del producto en su condición de exposición final. Los agregados de este tipo también pueden desintegrarse rápidamente cuando se exponen al tránsito y al ambiente, por lo que esta prueba es un indicador del comportamiento real del agregado.

3.1.8 Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos (ASTM C-88)

Las partículas de los agregados deben ser resistentes a cambios mineralógicos y desintegración física a causa de los ciclos de humedecimiento y secado impuestos durante la construcción y el período de diseño del pavimento

La durabilidad debe ser considerada en el momento de escoger los agregados pétreos. Materiales susceptibles de degradación por la acción de agentes climáticos durante la vida útil del pavimento, deben ser evitados.

Fracciones del agregado, de diversos tamaños, se someten a cinco ciclos de expansión y contracción, consistente cada uno de ellos en:

- ✓ Inmersión durante un lapso de 16 a 18 horas en una solución de sulfato de sodio o de magnesio.
- ✓ Secado hasta peso constante a 110 ° C

Terminado el último ciclo se lavan las fracciones para eliminar el sulfato que contengan; se secan y se tamizan sobre los tamices en los cuales se retenían antes del ensayo, determinado las pérdidas en peso sufridas por cada fracción.

3.1.9 Compactación (ASTM D 1557)

Es la densificación de los suelos mediante la aplicación de energía mecánica, existe también un cambio en el contenido de humedad y la gradación del suelo. Uno de los factores importantes en la compactación es el contenido de humedad, la densidad seca máxima es mayor cuando menor es la diferencia entre el contenido de agua de compactación y el contenido de agua óptimo.

El objetivo de la compactación es el mejoramiento de las propiedades de la masa del suelo, tenemos como ventajas de la compactación:

- Reducción de los asentamientos debido a la disminución de la relación de vacíos
- Aumento de la resistencia del suelo.
- Reducción de la contracción.

3.1.10 California Bearing Ratio (ASTM D 1883)

El CBR (California Bearing Ratio = Relación de Soporte de California) fue propuesto en 1929 por los ingenieros T.E. Stanton y O.J. Porter, del Departamento de carreteras de Estado de California. El método CBR se ha generalizado y es, hoy en día, uno de los más empleados para el cálculo de pavimentos.

El índice de California (C.B.R.) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación de pavimentos. (ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés, 2011, p. 35)

El índice de CBR tiene la siguiente expresión:

$$CBR = \frac{Carga\ de\ Prueba}{Carga\ Estandar} * 100$$

Los valores de carga normal o carga unitaria patrón para 0.1” y 0.2” de penetración son los siguientes:

Penetración	lb/pulg ²	kg/cm ²
0,1	1000	70
0,2	1500	105
0,3	1900	133
0,4	2300	161
0,5	2600	182

La relación C.B.R. generalmente se determina para 0.1” y 0.2” de penetración, osea para un esfuerzo de 1000 y 1500 libras por pulgada cuadrada en el patrón respectivamente.

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que se presenta en el terreno, las muestras para el ensayo del C.B.R. se sumergen en agua por 96 horas hasta obtener su saturación.

Los ensayos C.B.R. se pueden efectuar también sobre muestras inalteradas obtenidas en el terreno y sobre suelos en el sitio.

3.2 Características de la Geomalla Multidireccional utilizada para la realización de los Ensayos

Las Geomallas Multidireccionales deberán ser elementos elaborados a partir de láminas de resinas selectas de polipropileno, perforadas y estiradas uniformemente en tres direcciones formando, deberán presentar una apertura triangular, alta resistencia a la deformación provocada por fuerzas aplicadas durante su uso y alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural contra las sollicitaciones ambientales de largo plazo, deberán ser química y biológicamente

inertes y resistentes a procesos degenerativos de los suelos; deberán ser resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas por el tráfico de construcción en cualquier dirección dentro de su plano, deberá ser capaz de generar una transmisión radial (360°) de esfuerzos al suelo de fundación, mediante trabazón mecánica con suelo compactado o materiales de relleno, deberá poseer suficiente rigidez a la flexión para ser capaz de lograr una instalación eficiente sobre suelos pobres o húmedos; y suficiente rigidez torsional, con un mínimo de 6 costillas por unión, para resistir movimientos de rotación en el plano provocados por los suelos compactados o los materiales de relleno, cuando están sujetos a fuerzas de desplazamiento lateral tales como las causadas por un vehículo en movimiento.

La Geomalla Multiaxial deberá poseer completa continuidad de todas las propiedades a través de su estructura y deberá ser apropiada para el refuerzo interno del suelo compactado o materiales de relleno a fin de mejorar su capacidad de soporte en aplicaciones estructurales, deberá presentar las características indicadas en la Tabla 3-4 siguiente:

Tabla 3-4 Propiedades de las Geomallas Multiaxiales

Propiedades	Longitudinal	Diagonal	Transversal	General
Distancia entre costillas paralelas, mm (in)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	-
Profundidad al centro de la costilla, mm (in)	-	1.2 (0.05)	1.2 (0.05)	-
Ancho al centro de la costilla, mm (in)	-	1.1 (0.04)	1.1 (0.04)	-
Espesor de nodos o juntas, mm (in)	-	-	-	3.1 (0.12)
Forma de la costilla	-	-	-	rectangular
Forma de la apertura	-	-	-	triangular
Relación de aspecto de costilla (alto: ancho)	-	-	-	> 1.0
Integridad Estructural				
Eficiencia en las juntas (1) %	-	-	-	93
Estabilidad de Aperturas,(2) kg-cm/deg @ 5.0kg-cm	-	-	-	3
Rigidez radial a bajas deformaciones,(3) kN/m @ 0.5% strain	-	-	-	225
Rigidez radial a bajas deformaciones,(3) (lb/ft @ 0.5% strain)	-	-	-	15,430
Durabilidad				
Resistencia a la degradación química (4)	-	-	-	100%
Resistencia a la degradación por luz ultravioleta y condiciones ambientales(5)	-	-	-	100%

NOTAS:

La capacidad de transferencia de carga se mide vía GRI-GG2-87 y GRI-GG1-87 y es expresada como un porcentaje de la resistencia a la tensión última.

La rigidez torsional en el plano es medida aplicando un momento a la junta central de un espécimen de 225mm x 225mm fijado en todo su perímetro; en concordancia con la metodología del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para medida de la rigidez torsional (Kinney, T.C. Aperture stability Modulus ref. 3, 3-1-2000).

El esfuerzo radial se determina a partir de los esfuerzos de tensión medidos en cualquier eje del plano para pruebas en concordancia con la ISO 10319:1996.

La resistencia a la pérdida de capacidad de carga cuando la geomalla es sometida a ambientes agresivos químicamente se obtiene de acuerdo a las pruebas ISO 12960 como parte de la evaluación de la durabilidad en conformidad con ISO 13434:1999 7.3.

La resistencia a la pérdida de capacidad de carga cuando la geomalla es sometida a la luz ultravioleta y la intemperie, se obtiene de acuerdo a las pruebas EN12224 parte de la evaluación de la durabilidad en conformidad con ISO13434: 1999 7,2.

Todas las dimensiones son valores típicos, salvo que se indique lo contrario.

3.3 Ensayo del Módulo Resiliente (AASHTO T-307)

3.3.1 Alcance

Este método cubre los procedimientos de preparación y prueba de suelos de subrasante sin tratar y el material base/subbase sin tratar para la determinación del Módulo Resiliente (Mr) en condiciones que representan una simulación de las condiciones físicas y estados de esfuerzos de los materiales por debajo de pavimentos flexibles sometidos a cargas de las ruedas móviles.

Los métodos descritos son aplicables a la muestra inalteradas de los suelos naturales y sub-rasante compactada, para muestra inalteradas de suelos de sub-rasante y la base /sub-base preparado para la prueba por la compactación en el laboratorio sin tratar.

En este método, los niveles de esfuerzo utilizados para el análisis de muestras para Módulo Resiliente se basan en la ubicación de la muestra dentro de la estructura de pavimento. Muestra situado dentro de la base y sub-base se someten a diferentes niveles de esfuerzo en comparación con aquellas muestras que son de la subrasante.

En general, el tamaño de las muestras para la prueba depende del tipo de material basado en la gradación y el límite plástico de los materiales descritos posteriormente. El valor del Módulo Resiliente determinado a partir de este procedimiento es una medida del módulo de elasticidad de la base sin tratar y el material de base, sub-base y los suelos de sub-rasante que reconocen ciertas características no lineales. Los valores de Módulo Resiliente se pueden utilizar con los modelos de análisis de respuesta estructurales para calcular la respuesta estructural pavimento para cargas de las ruedas, y con los procedimientos de diseño de pavimentos para diseñar estructuras de pavimentos. (Norma AASHTO T-307, 2007)

3.3.2 Resumen del Ensayo

Las muestras para realizar el ensayo pueden ser especímenes sin estabilizar que pueden tener la densidad natural o la densidad obtenida en laboratorio. En esta investigación se realizaron muestras a la Densidad Seca Máxima y a la Humedad Optima.

El método define dos tipos de material en los cuales se puede realizar el ensayo El material Tipo 1 es todo aquel sin estabilizar que cumpla los siguientes criterios: menos del 70% debe pasar el tamiz # 10, menos del 20% debe pasar el tamiz # 200 y un índice de plasticidad de 10 o menos. Este material se debe compactar en el molde de 152 mm de diámetro. El material Tipo 2 es todo aquel material que no cumple con los criterios anteriores y se puedan compactar en moldes de 71 o 86 mm de diámetro.

Por lo tanto según la Granulometría del material de Base Granular en estudio, se definió como Tipo 1, ocupando el molde de diámetro de 152 mm y altura de 304 mm. Después de compactar la muestra a la Densidad Seca Máxima y la Humedad Optima, se colocó el espécimen en la Cámara Triaxial con el fin de realizar el ensayo que consistió en someter 15 combinaciones de distintos esfuerzos desviadores σ_d y presiones de confinamiento σ_3 , que dieron resultado 15 diferentes valores de Modulo Resiliente. La secuencia de esfuerzos para bases granulares se muestra en la Tabla 3-5 (Norma AASHTO T-307, 2007).

Tabla 3-5 Secuencia para Materiales de Bases/Subbases

Serie	Presión de Confinamiento σ_3		Máximo Esfuerzo Axial Desviador σ_d		Esfuerzo Cíclico σ_c		Esfuerzo Constante $0.1 \sigma_d$		No de Aplicaciones de Carga
	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	
0	103.4	15	103.4	15	93.1	13.5	10.3	1.5	500-1000
1	20.7	3	20.7	3	18.6	2.7	2.1	0.3	100
2	20.7	3	41.4	6	37.3	5.4	4.1	0.6	100
3	20.7	3	62.1	9	55.9	8.1	6.2	0.9	100
4	34.5	5	34.5	5	31.0	4.5	3.5	0.5	100
5	34.5	5	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100
6	34.5	5	103.4	15	93.1	13.5	10.3	1.5	100
7	68.9	10	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100
8	68.9	10	137.9	20	124.1	18.0	13.8	2.0	100
9	68.9	10	206.8	30	186.1	27.0	20.7	3.0	100
10	103.4	15	68.9	10	62.0	9.0	6.9	1.0	100
11	103.4	15	103.4	15	93.1	13.5	10.3	1.5	100
12	103.4	15	206.8	30	186.1	27.0	20.7	3.0	100
13	137.9	20	103.4	15	93.1	13.5	10.3	1.5	100
14	137.9	20	137.9	20	124.1	18.0	13.8	2.0	100
15	137.9	20	275.8	40	248.2	36.0	27.6	4.0	100

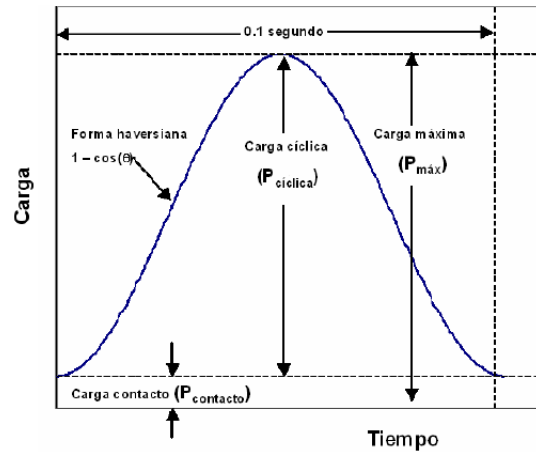
Fuente: (Norma AASHTO T-307, 2007)

La secuencia del ensayo se divide en dos partes, la primera parte fue la aplicación de 500 ciclos de acondicionamiento al inicio del ensayo con un esfuerzo de confinamiento σ_3 de 103 kPa y un esfuerzo desviador σ_d de 103 kPa. Si la altura del espécimen se sigue reduciendo hay que continuar hasta los 1000 ciclos antes del ensayo. El acondicionamiento es importante, ya que elimina las irregularidades de las capas superior e inferior. También ayuda en el reordenamiento inicial de los agregados. La segunda parte fue la aplicación de 100 ciclos de cada una de las 15 secuencias de la Tabla 3-5.

En la Figura 3-1 se muestra como se definen los esfuerzos máximos, cíclico y de contacto para el ensayo. Los esfuerzos se calculan con el área transversal del espécimen. Además la carga fue de tipo Haversine-Shaped.

Lo anteriormente dicho se lo realizó para las muestras sin agregar Geomalla Multidireccional y para las muestras agregando Geomalla Multidireccional.

Grafico 3-1 Definición de los Esfuerzo Aplicados por el Método de Ensayo



Fuente: (ACUÑA, 2009)

3.3.3 Equipo para Realizar el Ensayo

La cámara de presión se utilizó para contener la muestra de ensayo y el fluido de confinamiento durante la prueba. Una cámara típica para el uso en pruebas resilientes de los suelos se muestra en la Grafico 3-2. La deformación se midió externamente con dos transductores diferenciales variables lineales (LVDT) de resorte-carga como se muestra en la Grafico 3-3.

- Aire se utilizó en la cámara triaxial como el fluido de confinamiento.
- La cámara fue de policarbonato, siendo adecuado para poder ver a través de la misma y facilitó la observación de la muestra durante el ensayo.

Grafico 3-2 Cámara para encerrar la Muestra



Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

- El dispositivo de carga fue una carga superior, de bucle cerrado, electrohidráulico o máquina de ensayo electroneumático con un generador de funciones que es capaz de aplicar ciclos repetidos, el pulso de carga de tipo Haversine-Shaped de los siguientes períodos de tiempo según Tabla 3-6.

Tabla 3-6 Períodos de Tiempo del Dispositivo de Carga

TIPO DE CARGA	PULSO DE CARGA (s)	PEROIDO DE DESCANSO (s)
NEUMATICA	0,1	0,9 A 3,0
HIDRAULICA	0,1	0,9

Fuente: (Norma AASHTO T-307, 2007)

- El pulso de carga de tipo Haversine-Shaped debió ajustarse a todos los pre-acondicionamiento y el ensayo se llevó a cabo utilizando un pulso de carga de tipo Haversine-Shaped. La onda de tipo Haversine-Shaped generado por el sistema y la forma de la respuesta de onda se muestran para permitir al operador ajustar las ganancias para asegurarse de que coinciden durante el pre-acondicionamiento y el ensayo.

- El dispositivo de medición de carga axial debe ser una celda de carga electrónico situado entre el accionador y el vástago del pistón de cámara como se muestra en el Grafico 3-3. Se requieren las siguientes capacidades de la celda de carga:

Tabla 3-7 Capacidades de Celda de Carga

Diametro de la Muestra (mm)	Capacidad de Carga Máxima (kN)	Presición (N)
71	2,2	±4,5
100	8,0	±10,0
152	22,24	±22,24

Fuente: (Norma AASHTO T-307, 2007)

- Las presiones de la cámara de ensayo fueron monitoreados con medidores convencionales de presión, manómetros o transductores de presión precisas a 0,70 KPa.
- El sistema de medición de todo el material estuvo compuesto por 2 Transformadores Lineales de Voltaje Variable o LVDTs por sus siglas en inglés, fijados a los lados opuestos de la varilla del pistón fuera de la cámara de prueba como se muestra en la Grafico 3-3. Estos dos transductores serán equidistantes de la varilla de pistón y deberán llevar en superficies fijas, duros, que son perpendiculares al eje LVDT. Se requieren LVDTs por resorte. Se requieren los siguientes rangos LVDT según Tabla 3-8.

Tabla 3-8 Rangos de LVDT

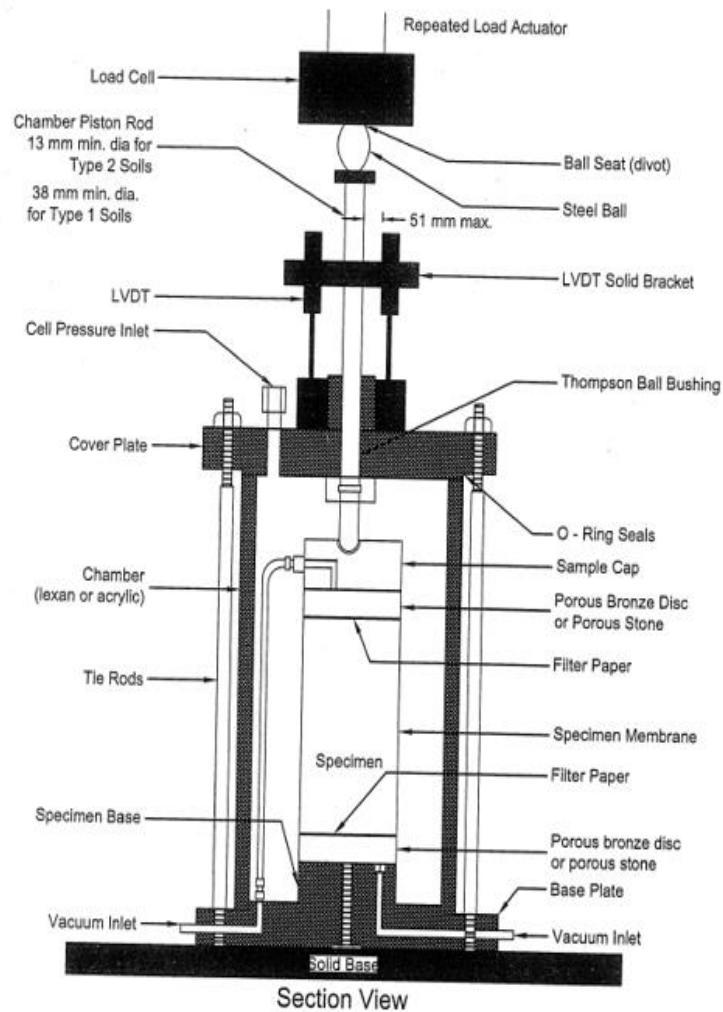
Diametro de la Muestra (mm)	Rango (mm)
71	± 1
100	± 2,5
152	± 6

Fuente: (Norma AASHTO T-307, 2007)

- Un contacto positivo entre las LVDTs verticales y la superficie sobre la que siempre se mantendrá la punta de los transductores durante el resto del

procedimiento de prueba. Además, los dos LVDT se pueden cablear de manera que cada transductor puede ser leído y revisado de forma independiente y los resultados promedio para los propósitos de cálculo.

Grafico 3-3 Cámara Triaxial



Fuente: (Norma AASHTO T-307, 2007)

3.3.4 Equipos para la Fabricación de la Muestra

Además de los equipos anteriores se necesitaron los siguientes equipos y accesorios para la realización de la muestra.

Un martillo eléctrico para la compactación del material capaz de realizar de 1800 a 3000 golpes por minuto, incluye eje de compactación, membranas, discos porosos, bandeja, bomba para sacar aire, o-rings, extensor de membrana, cronometro,

calibrador, como se muestra en la Gráfica 3-4. Todos los equipos deben ser compatibles para el molde de diámetro de 152 mm y altura de 304 mm.

Para la realización de la muestra se sigue el Anexo B “Compactación Vibratoria para suelos tipo 1 y tipo 2, de la norma AASHTO – T 307.

Grafico 3-4 Aparatos para la Compactación de la Muestra



Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

3.4 Ensayo Triaxial de Carga Repetida según NCHRP Reporte 598

3.4.1 Alcance

Este método cubre los procedimientos propuesto para la preparación de materiales vírgenes y reciclados y probar mediante el ensayo Triaxial de Carga Repetida de resistencia al corte.

3.4.2 Resumen del Método

Este ensayo Triaxial de Carga Repetida propuesto por la National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) – Reporte 598 sigue el mismo procedimiento del ensayo AASHTO T-307 tanto para la preparación de la muestra, tipo de material según la granulometría para así elegir el molde para la compactación de la muestra, el equipo para ensayar la muestra con todos los accesorios descritos en el Grafico 3-3 y se lo puede observar en el Grafico 3-5. La única diferencia es que los

LVDTs deberán tener un intervalo de desplazamiento por lo menos del 15% de la altura del espécimen.

Una vez compactada la muestra se colocó en la cámara triaxial y el espécimen es sometido a 10 combinaciones distintas de esfuerzos cíclicos y un solo esfuerzo de confinamiento σ_3 . La secuencia de esfuerzos para bases granulares se muestra en la Tabla 3-9.

Grafico 3-5 Equipo Triaxial



Fuente: Foto tomada por las autores de la presente disertación

Tabla 3-9 Esfuerzo de Control para Ensayo Triaxial de Carga Repetida

Serie	Presión de Confinamiento σ_3		Esfuerzo de Contacto		Esfuerzo Cíclico σ_c		No de Ciclos
	kPa	psi	kPa	psi	kPa	psi	
0	103.4	15	6.9	1	68.9	10	50
1	103.4	15	6.9	1	68.9	10	1000
2	103.4	15	6.9	1	137.9	20	1000
3	103.4	15	6.9	1	275.8	40	1000
4	103.4	15	6.9	1	413.7	60	1000
5	103.4	15	6.9	1	551.6	80	1000
6	103.4	15	6.9	1	689.5	100	1000
7	103.4	15	6.9	1	827.4	120	1000
8	103.4	15	6.9	1	965.3	140	1000
9	103.4	15	6.9	1	1103.2	160	1000
10	103.4	15	6.9	1	1241.1	180	1000

Fuente: (National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), 2008)

La secuencia del ensayo se divide en dos partes, la primera parte fue la aplicación de 50 ciclos de acondicionamiento al inicio del ensayo con un esfuerzo de confinamiento σ_3 de 103.4 kPa y un esfuerzo cíclico de 68.9 kPa. La segunda parte fue la aplicación de 1000 ciclos de cada una de las 10 secuencias de la Tabla 3-9.

Para efectos de esta investigación se determinó lo siguiente, debido a que se realiza primero el ensayo de Módulo Resiliente se toma a éste ensayo como la fase de acondicionamiento del Ensayo Triaxial de Carga Repetida para luego proceder con la segunda fase ya antes mencionada y luego se procesaron los datos obtenidos.

Lamentablemente para la actual investigación tuvimos dos problemas:

- Primero, no se pudo encontrar los LVDTs especificado para el ensayo Triaxial de Carga Reptida según NCHRP (Los LVDTs debieron tener un intervalo de desplazamiento por lo menos el 15% de la altura del espécimen), por lo que se trabajó con los LVDTs especificados en la Tabla 3-8 correspondiente al ensayo del Módulo Resiliente T-307.
- Segundo, el software del Ensayo Triaxial de Carga Repetida, permitió ensayar las muestras hasta el Esfuerzo Cíclico de 689.5 KPa. (Secuencia 6 de la Tabla 3-9).

Debido a los problemas que se tuvieron, se realizó lo siguiente:

- Respecto a los LVDTs, se detuvo el ensayo por tres ocasiones en el cambio de secuencia por el esfuerzo cíclico para poder encerrar manualmente los LVDTs utilizados y luego a estos valores se los empató en las tablas de excel.
- Respecto al software, se realizó el ensayo hasta el esfuerzo cíclico de 689.5 KPa, haciendo un pequeño cambio en el número de ciclos, siendo originalmente 1000 ciclos y se cambió por 8000 ciclos con el esfuerzo cíclico antes mencionado. Dando como resultado, al menos en las muestras ensayadas agregando Geomalla Multidireccional, que NO se realizó el ensayo completo o hasta la rotura de la muestra, como Si pasó en las muestras ensayadas sin agregar Geomalla Multidireccional.

Además hay que acotar que tanto para el ensayo de Modulo Resiliente y el ensayo Triaxial de Carga Repetida la Geomalla Multidireccional se colocó en la mitad de la altura del espécimen compactado por motivo que en investigaciones realizadas en Estados Unidos recomiendan que en la mitad es el punto de mayor influencia de la Geomalla.

4. CAPITULO IV
ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 Ensayos a la Base Granular

Resultados 4-1 Clasificación de la Base Granular (SUCS y AASHTO)

Muestra # 1	SUCS			AASHTO
	GW	Grava bien Graduada		A - 1a
TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	703.70	2.92	97.08
1/2"	12.50	5890.40	24.42	75.58
3/8"	9.50	8295.00	34.39	65.61
4	4.750	13008.20	53.94	46.06
10	2.000	17303.40	71.75	28.25
40	0.425	21348.37	88.52	11.48
200	0.075	23107.65	95.81	4.19

Muestra # 2	SUCS			AASHTO
	GW	Grava bien Graduada		A - 1a
TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	1174.40	4.17	95.83
1/2"	12.50	7064.48	25.07	74.93
3/8"	9.50	9644.38	34.23	65.77
4	4.750	14983.18	53.18	46.82
10	2.000	19427.06	68.95	31.05
40	0.425	24268.07	86.14	13.86
200	0.075	26780.24	95.05	4.95

Muestra # 3	SUCS			AASHTO
	GW	Grava bien Graduada		A - 1a
TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	705.40	2.96	97.04
1/2"	12.50	6043.60	25.37	74.63
3/8"	9.50	8206.40	34.45	65.55
4	4.750	12893.10	54.13	45.87
10	2.000	17356.58	72.86	27.14
40	0.425	21055.73	88.39	11.61
200	0.075	22662.67	95.14	4.86

Ver Ensayos en Anexo 6-1

Resultados 4-2 Gravedad Específica y Absorción

Agregado Grueso	Agregado Fino
Ge = 2.42	Ge = 2.40
Ges = 2.48	Ges = 2.48
Gea = 2.58	Gea = 2.60
Ab % = 2.50	Ab % = 3.23

Ver Ensayos en Anexo 6-2

Resultados 4-3 Abrasión

	Tipo	% Desgaste
Muestra # 1	B	24%
Muestra # 2	B	25%
Muestra # 3	B	25%

Ver Ensayos en Anexo 6-3

Resultados 4-4 Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos

	Agregado	
	<i>Grueso</i>	<i>Fino</i>
Muestra # 1	0.30	3.33
Muestra # 2	0.19	3.87
Muestra # 3	0.36	4.01

Ver Ensayos en Anexo 6-4

Resultados 4-5 Ensayo de Compactación

	Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	% Humedad Óptima
Muestra # 1	1.964	5.90
Muestra # 2	1.965	6.00

Ver Ensayos en Anexo 6-5

Resultados 4-6 Ensayo de CBR en Laboratorio

	CBR 0.1"	CBR 0.2"
Muestra # 1	61.00	82.00
Muestra # 2	56.00	81.00

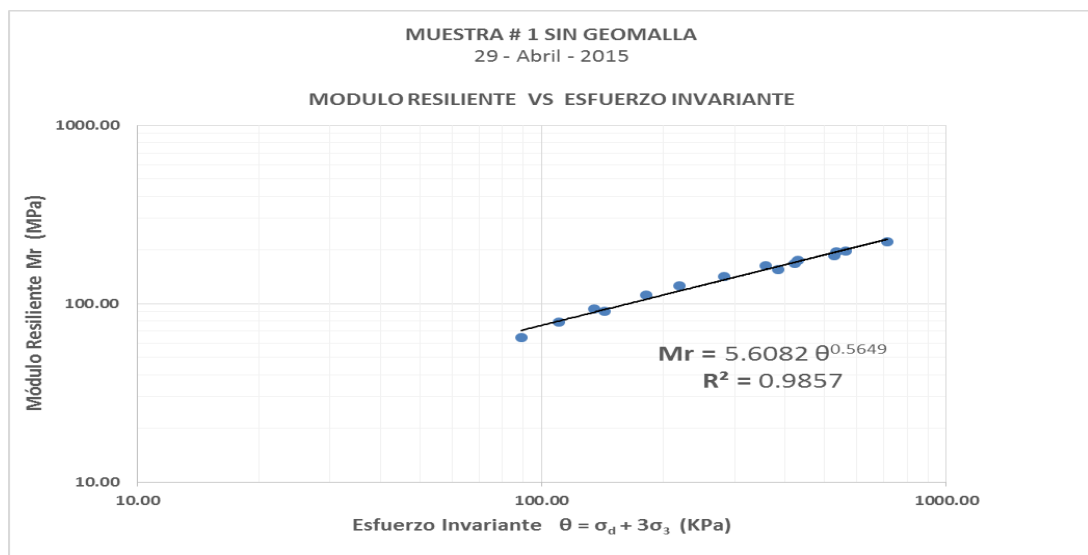
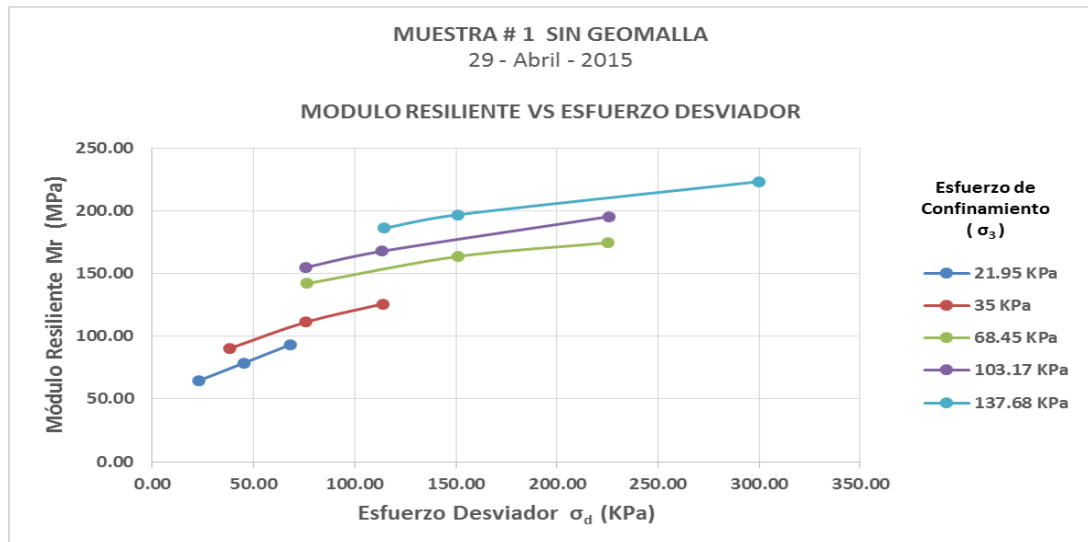
Ver Ensayos en Anexo 6-6

4.2 Ensayo del Módulo Resiliente (AASHTO T-307)

Resultados 4-7 del Módulo Resiliente Muestra # 1 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	22.11	21.95 KPa	22.72	64.53	89.07
Serie 2	21.59		45.32	78.81	110.08
Serie 3	22.14		68.23	93.40	134.65
Serie 4	34.88	35 KPa	38.07	90.28	142.73
Serie 5	35.11		75.84	111.31	181.19
Serie 6	35.02		113.91	125.84	218.96
Serie 7	68.38	68.45 KPa	76.43	142.06	281.59
Serie 8	68.63		150.86	163.63	356.75
Serie 9	68.34		225.31	174.65	430.33
Serie 10	102.95	103.17 KPa	75.96	154.97	384.80
Serie 11	103.20		113.23	167.77	422.83
Serie 12	103.36		225.72	195.47	535.79
Serie 13	137.72	137.68 KPa	114.60	186.13	527.77
Serie 14	137.68		151.22	196.97	564.25
Serie 15	137.63		299.91	223.36	712.79

Resultados
 $K_1 = 5.6082$
 $K_2 = 0.5649$
 $R^2 = 0.9857$

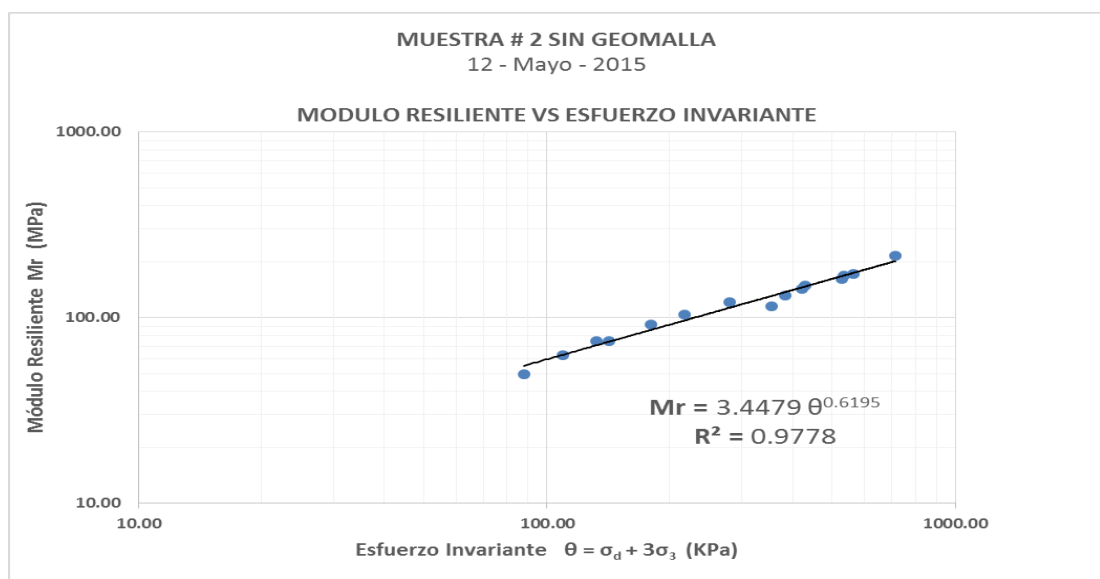
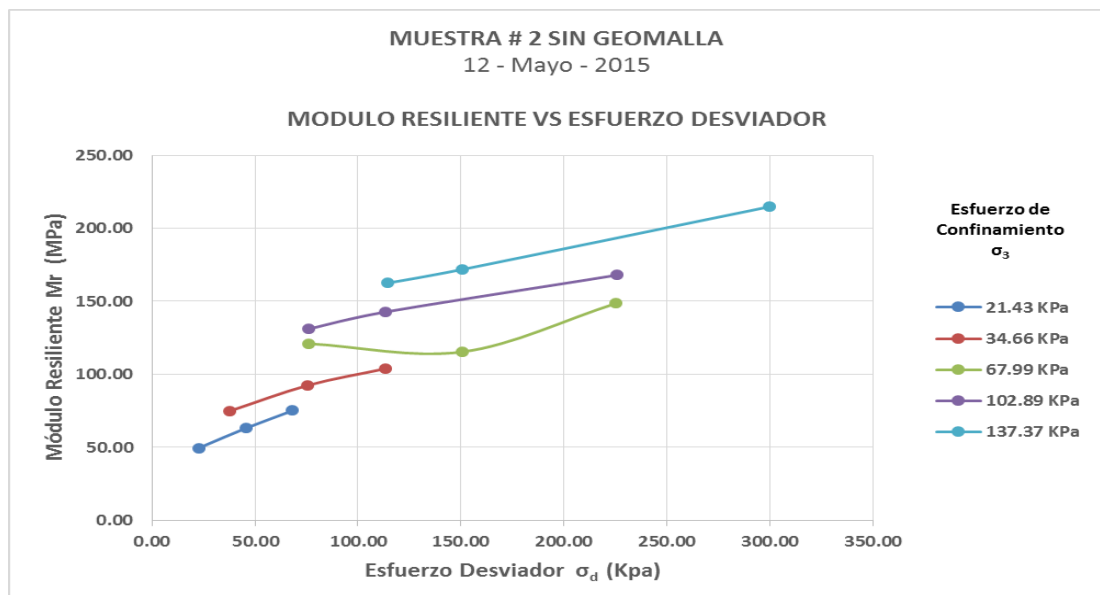


Ver Tabla en Anexo 6-7

Resultados 4-8 del Módulo Resiliente Muestra # 2 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.69	21.43 KPa	22.85	49.65	87.93
Serie 2	21.31		45.62	63.17	109.54
Serie 3	21.30		68.34	75.21	132.24
Serie 4	34.74	34.66 KPa	37.99	75.03	142.21
Serie 5	34.67		75.51	92.42	179.52
Serie 6	34.56		113.16	103.85	216.84
Serie 7	67.98	67.99 KPa	76.07	121.02	280.02
Serie 8	68.14		150.76	115.42	355.18
Serie 9	67.84		225.33	148.61	428.85
Serie 10	102.72	102.89 KPa	76.19	131.12	384.34
Serie 11	102.88		113.49	142.73	422.13
Serie 12	103.06		225.69	167.93	534.88
Serie 13	137.29	137.37 KPa	114.59	162.50	526.45
Serie 14	137.31		150.76	171.87	562.68
Serie 15	137.52		300.10	214.84	712.66

Resultados
 $K_1 = 3.4479$
 $K_2 = 0.6195$
 $R^2 = 0.9778$

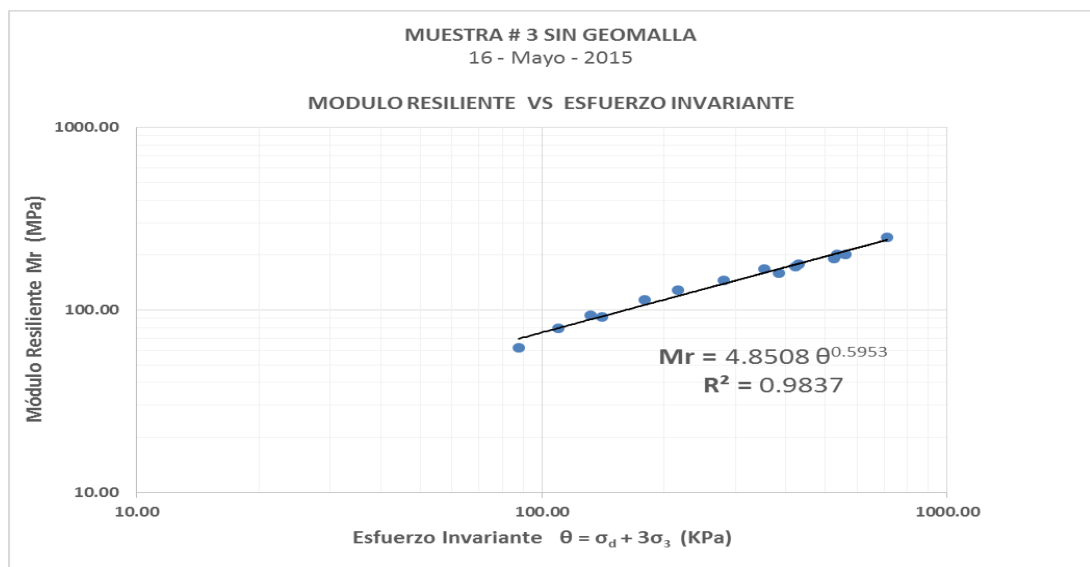
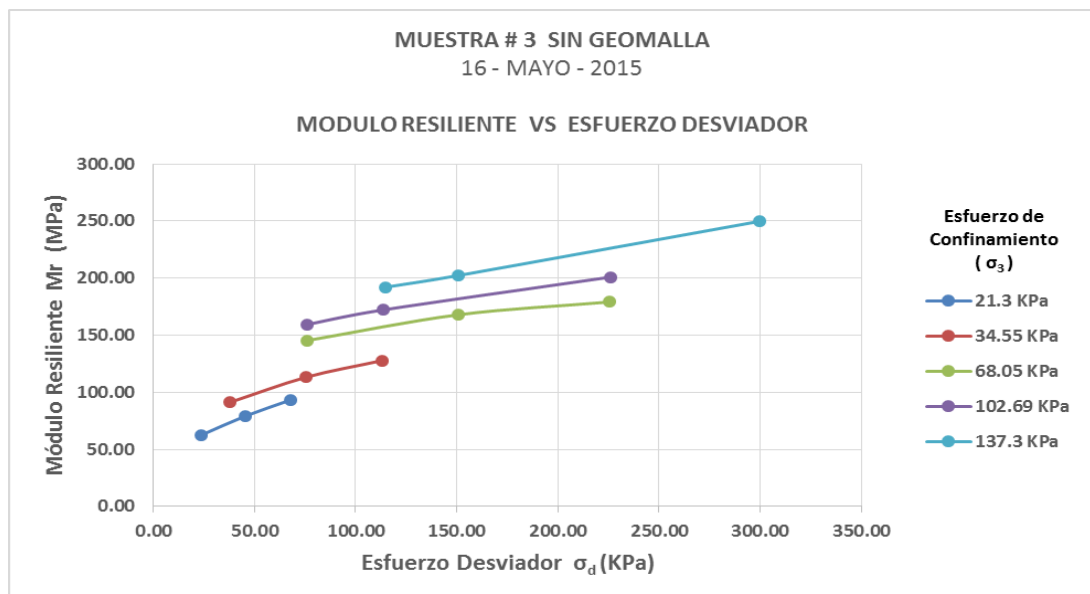


Ver Tabla en Anexo 6-8

Resultados 4-9 del Módulo Resiliente Muestra # 3 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.34	21.3 KPa	23.49	62.28	87.51
Serie 2	21.37		45.46	79.12	109.58
Serie 3	21.17		68.06	93.35	131.57
Serie 4	34.35	34.55 KPa	37.82	91.14	140.88
Serie 5	34.70		75.56	113.20	179.68
Serie 6	34.58		113.19	127.85	216.92
Serie 7	68.12	68.05 KPa	75.99	145.28	280.33
Serie 8	67.85		150.89	167.94	354.43
Serie 9	68.20		225.62	179.14	430.22
Serie 10	102.47	102.69 KPa	76.33	159.50	383.73
Serie 11	102.70		113.46	172.12	421.56
Serie 12	102.90		225.82	200.88	534.53
Serie 13	137.36	137.3 KPa	114.75	192.09	526.84
Serie 14	137.33		151.05	202.43	563.05
Serie 15	137.22		299.92	249.88	711.57

Resultados
 $K_1 = 4.8508$
 $K_2 = 0.5953$
 $R^2 = 0.9837$

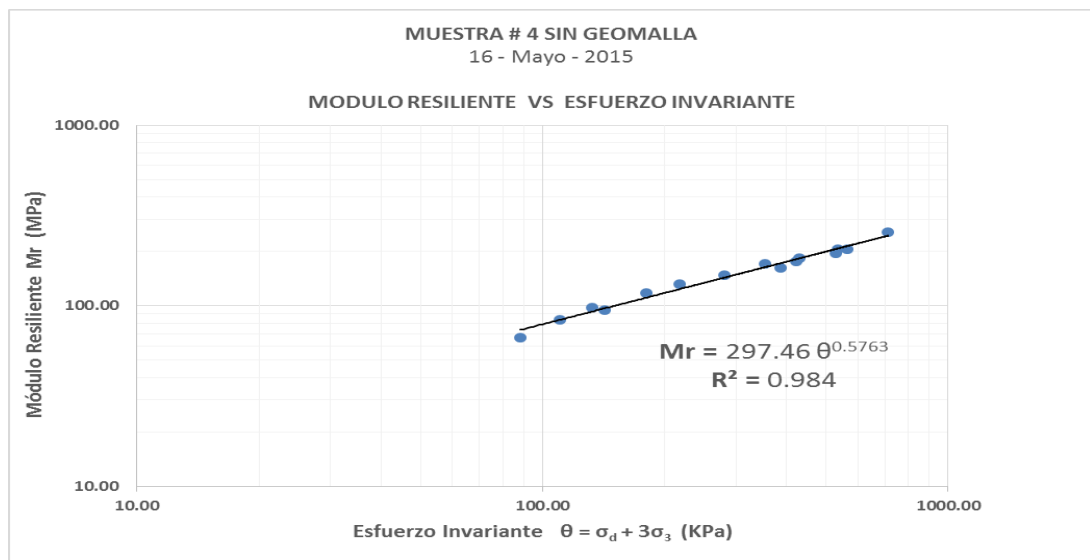
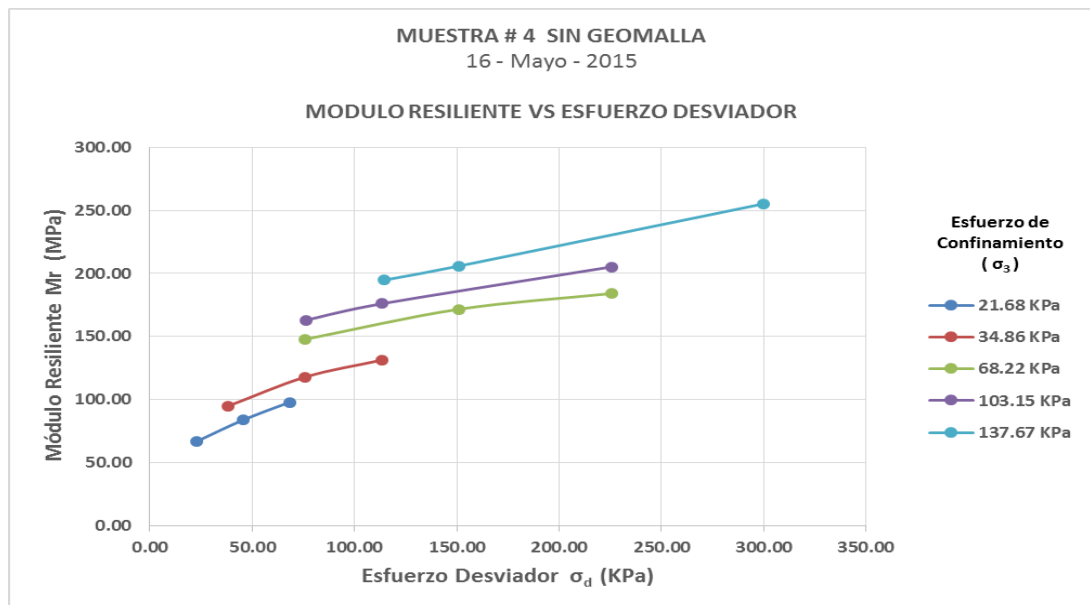


Ver Tabla en Anexo 6-9

Resultados 4-10 del Módulo Resiliente Muestra # 4 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.90	21.68 KPa	22.66	66.65	88.37
Serie 2	21.64		45.52	83.76	110.44
Serie 3	21.48		68.25	97.87	132.70
Serie 4	34.68	34.86 KPa	37.97	94.70	142.00
Serie 5	35.01		75.87	117.87	180.90
Serie 6	34.90		113.21	131.25	217.90
Serie 7	68.32	68.22 KPa	75.93	147.84	280.88
Serie 8	68.04		150.85	171.59	354.98
Serie 9	68.31		225.59	184.16	430.51
Serie 10	103.41	103.15 KPa	76.17	162.97	386.39
Serie 11	102.98		113.43	176.03	422.36
Serie 12	103.07		225.72	205.30	534.94
Serie 13	137.81	137.67 KPa	114.66	194.81	528.08
Serie 14	137.89		151.12	205.97	564.78
Serie 15	137.32		299.96	255.26	711.92

Resultados
 $K_1 = 5.5535$
 $K_2 = 0.5763$
 $R^2 = 0.984$

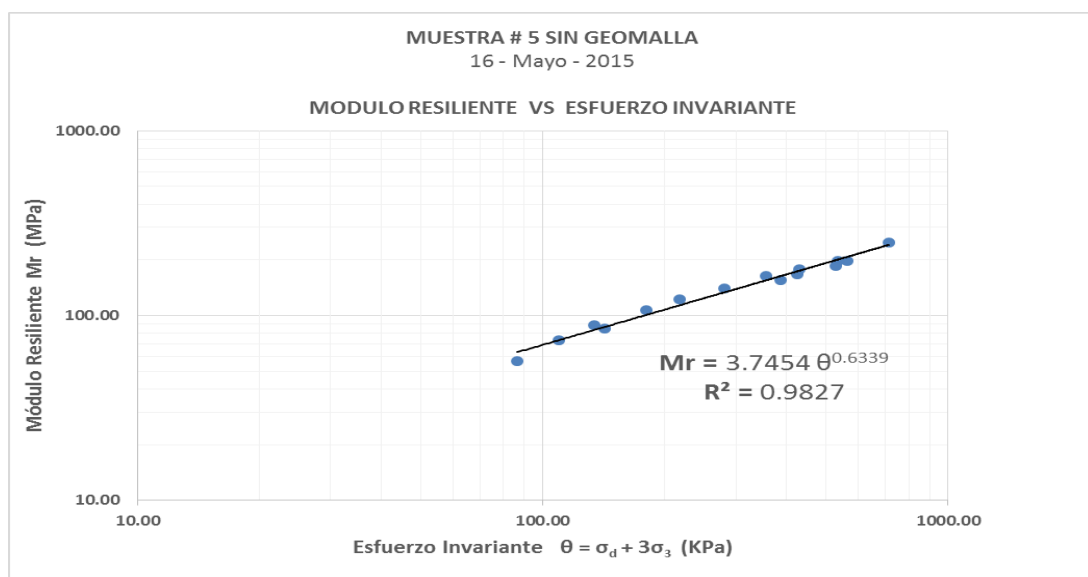
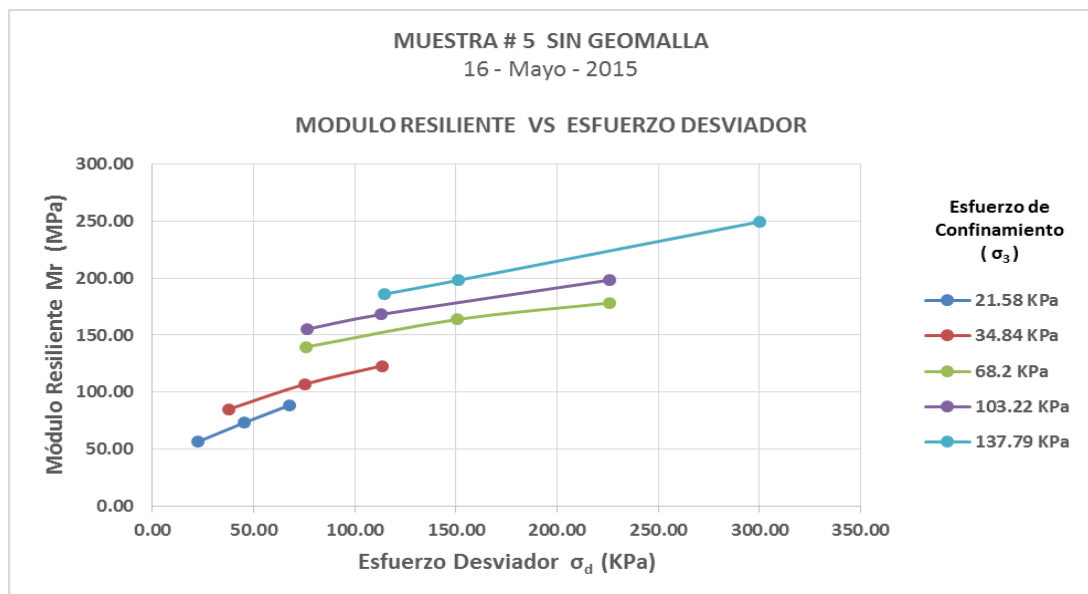


Ver Tabla en Anexo 6-10

Resultados 4-11 del Módulo Resiliente Muestra # 5 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.33	21.58 KPa	22.76	56.58	86.75
Serie 2	21.40		45.60	73.28	109.79
Serie 3	22.01		68.02	88.61	134.06
Serie 4	34.67	34.84 KPa	37.84	85.07	141.87
Serie 5	34.96		75.69	107.12	180.58
Serie 6	34.88		113.36	123.07	218.00
Serie 7	68.14	68.2 KPa	76.17	139.68	280.59
Serie 8	68.39		150.91	163.88	356.07
Serie 9	68.08		225.65	178.24	429.89
Serie 10	103.28	103.22 KPa	76.42	155.24	386.26
Serie 11	103.39		113.23	168.20	423.40
Serie 12	102.99		225.73	198.33	534.70
Serie 13	137.80	137.79 KPa	114.45	185.91	527.85
Serie 14	137.83		151.14	198.19	564.64
Serie 15	137.74		300.00	249.52	713.22

Resultados
 $K_1 = 3.7454$
 $K_2 = 0.6339$
 $R^2 = 0.9827$

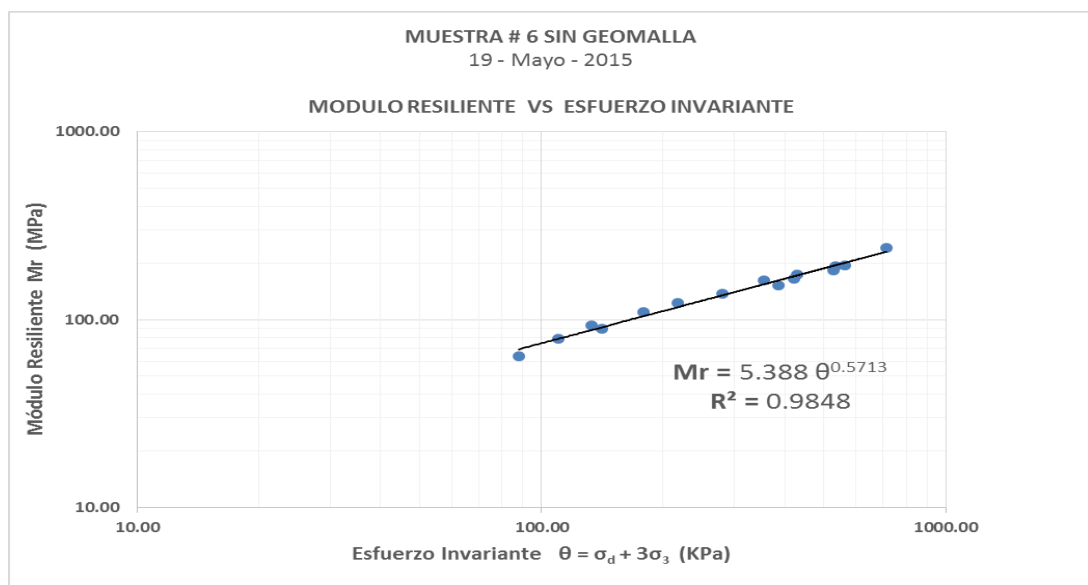
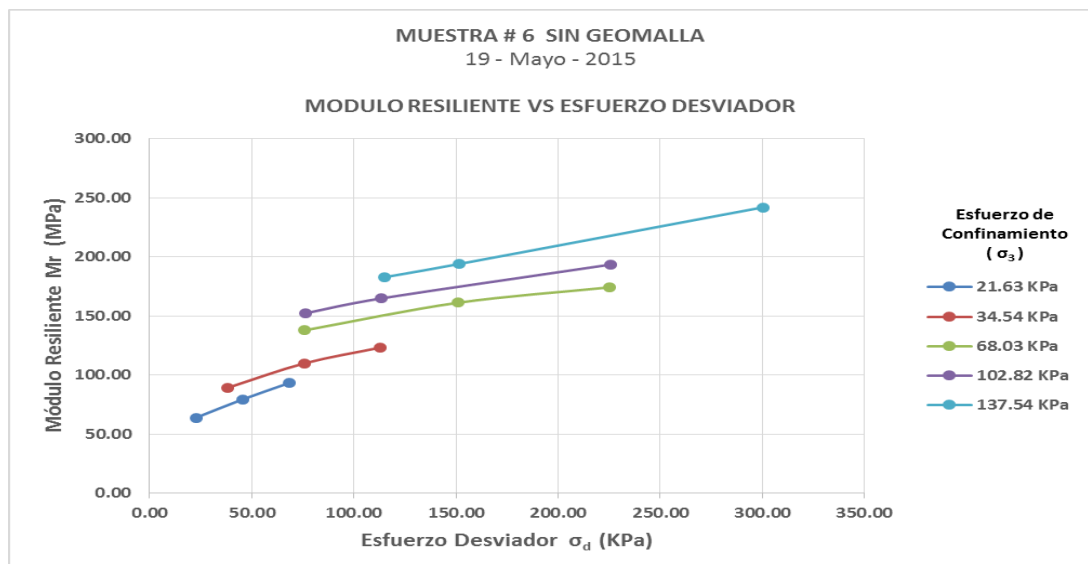


Ver Tabla en Anexo 6-11

Resultados 4-12 del Módulo Resiliente Muestra # 6 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.65	21.63 KPa	22.75	63.84	87.69
Serie 2	21.65		45.37	79.23	110.31
Serie 3	21.58		68.21	93.14	132.96
Serie 4	34.51	34.54 KPa	37.96	89.02	141.48
Serie 5	34.38		75.81	109.89	178.94
Serie 6	34.73		113.09	123.28	217.29
Serie 7	68.10	68.03 KPa	76.00	137.89	280.29
Serie 8	67.88		150.78	161.14	354.42
Serie 9	68.11		225.40	174.25	429.72
Serie 10	103.07	102.82 KPa	76.17	152.25	385.39
Serie 11	102.60		113.35	164.83	421.15
Serie 12	102.78		225.62	193.51	533.95
Serie 13	137.65	137.54 KPa	114.89	182.75	527.84
Serie 14	137.47		151.44	194.00	563.85
Serie 15	137.50		300.20	241.97	712.68

Resultados
 $K_1 = 5.388$
 $K_2 = 0.5713$
 $R^2 = 0.9848$

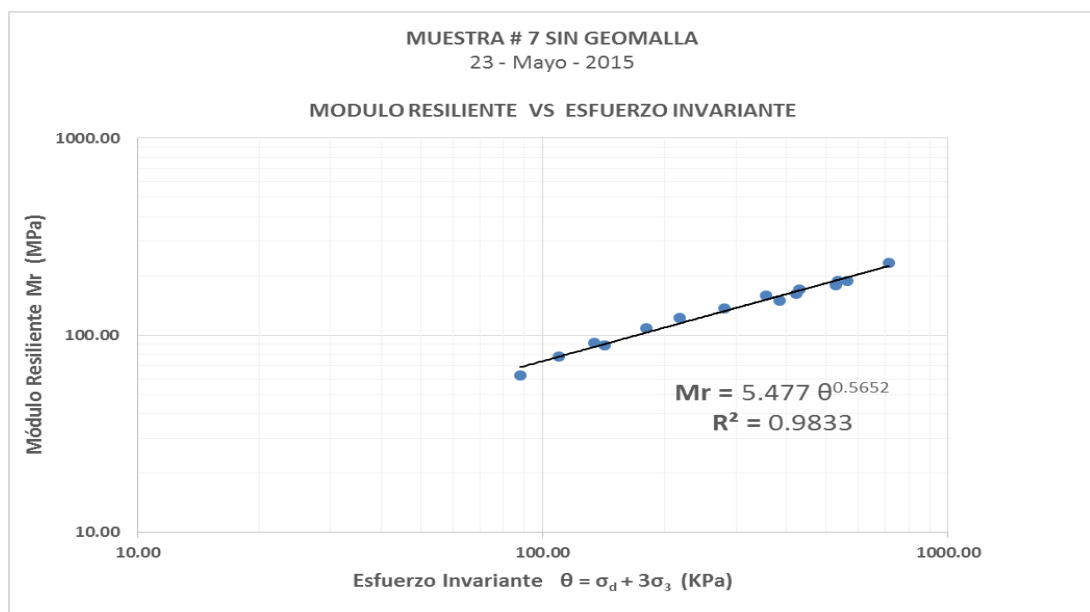
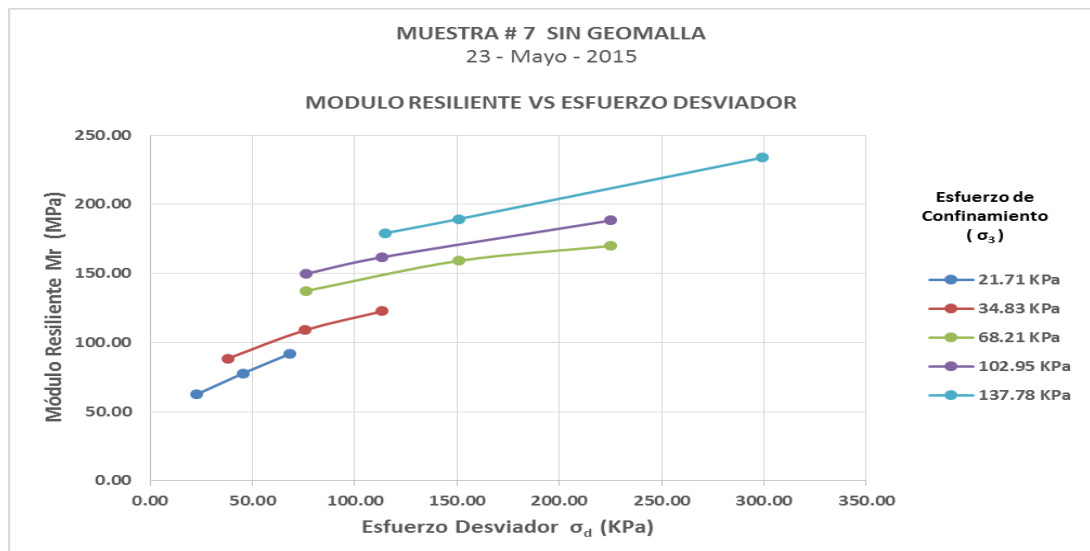


Ver Tabla en Anexo 6-12

Resultados 4-13 del Módulo Resiliente Muestra # 7 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.78	21.71 KPa	22.76	62.57	88.11
Serie 2	21.37		45.52	77.83	109.62
Serie 3	21.98		68.37	91.91	134.30
Serie 4	34.63	34.83 KPa	37.90	88.46	141.80
Serie 5	35.00		75.60	108.94	180.59
Serie 6	34.88		113.45	122.65	218.07
Serie 7	68.04	68.21 KPa	76.18	137.36	280.30
Serie 8	68.24		150.80	159.13	355.50
Serie 9	68.36		224.92	169.85	429.99
Serie 10	102.81	102.95 KPa	76.13	149.70	384.57
Serie 11	102.95		113.35	161.75	422.20
Serie 12	103.10		225.14	188.33	534.45
Serie 13	137.70	137.78 KPa	114.69	179.13	527.78
Serie 14	137.79		150.87	189.41	564.24
Serie 15	137.85		299.27	233.79	712.80

Resultados
 $K_1 = 5.477$
 $K_2 = 0.5652$
 $R^2 = 0.9833$

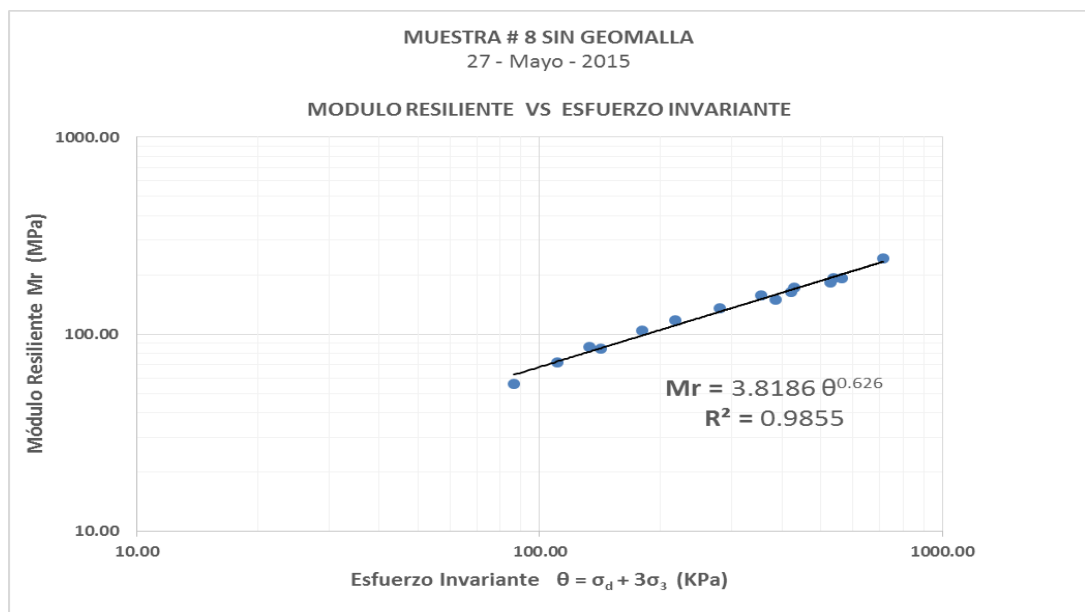
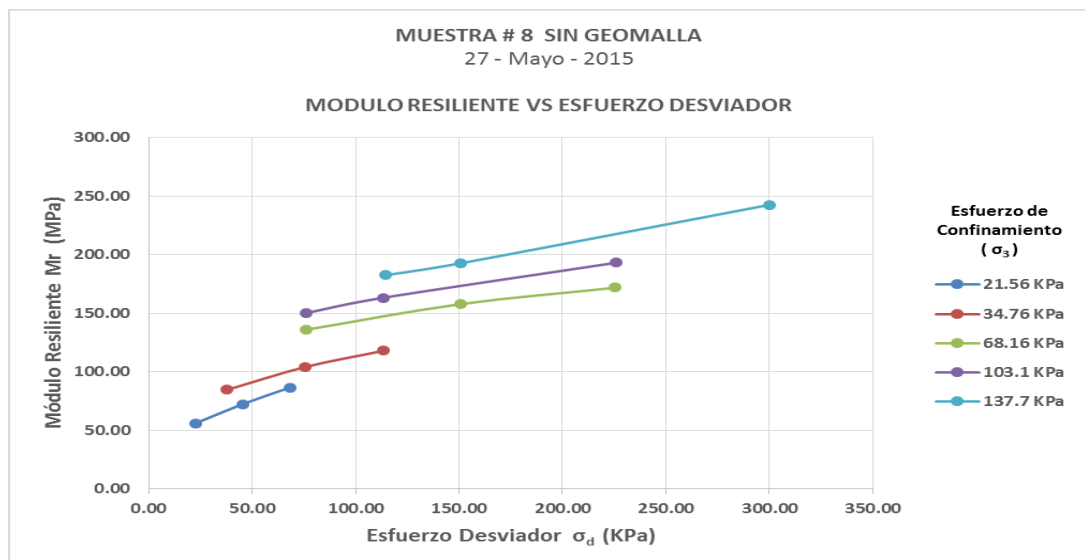


Ver Tabla en Anexo 6-13

Resultados 4-14 del Módulo Resiliente Muestra # 8 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.26	21.56 KPa	22.72	56.03	86.51
Serie 2	21.74		45.37	72.28	110.59
Serie 3	21.68		68.22	86.49	133.26
Serie 4	34.71	34.76 KPa	37.95	84.59	142.08
Serie 5	34.86		75.51	103.96	180.10
Serie 6	34.69		113.35	117.86	217.43
Serie 7	68.32	68.16 KPa	75.94	135.87	280.89
Serie 8	67.99		150.56	157.77	354.53
Serie 9	68.19		225.45	171.77	430.00
Serie 10	102.96	103.1 KPa	76.14	150.21	385.02
Serie 11	103.08		113.37	163.22	422.62
Serie 12	103.27		225.69	193.11	535.50
Serie 13	137.75	137.7 KPa	114.53	182.52	527.77
Serie 14	137.71		150.95	192.76	564.08
Serie 15	137.63		299.87	242.51	712.77

Resultados
 $K_1 = 3.8186$
 $K_2 = 0.626$
 $R^2 = 0.9855$

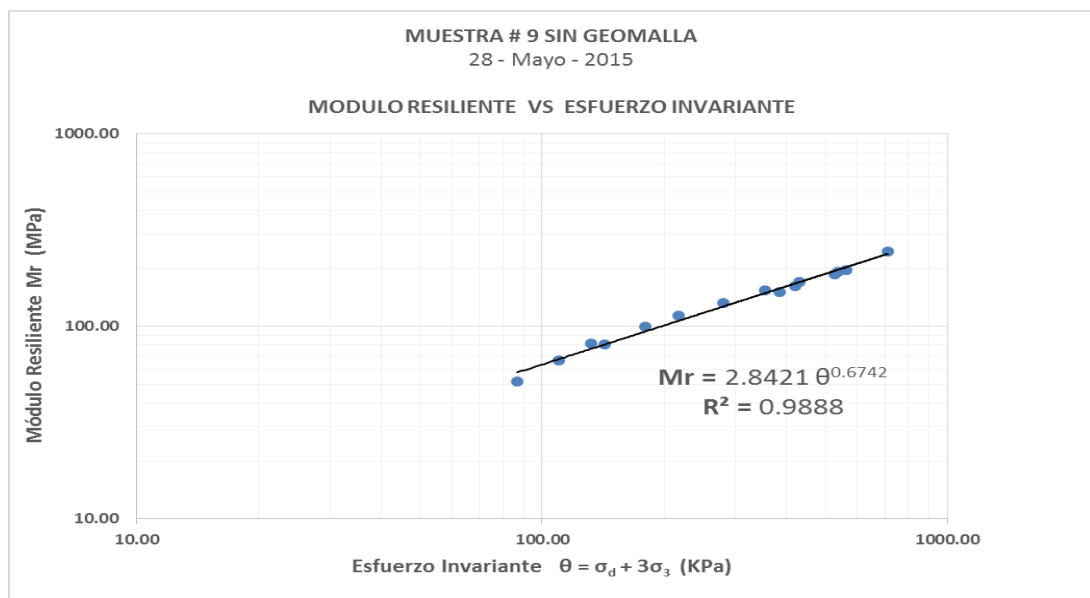
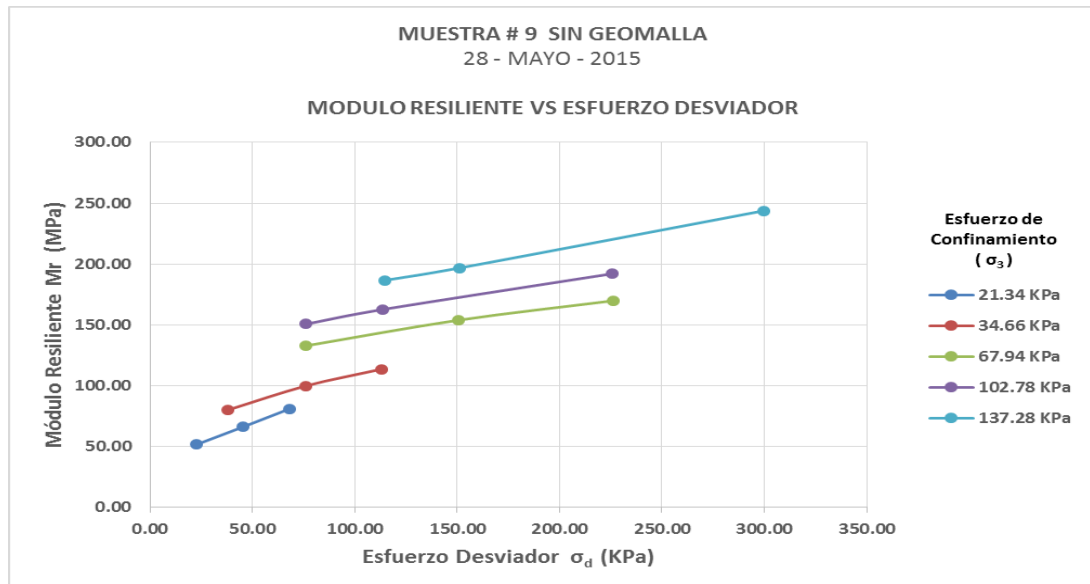


Ver Tabla en Anexo 6-14

Resultados 4-15 del Módulo Resiliente Muestra # 9 Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (MPa)
Serie 1	21.34	21.34 KPa	22.76	51.82	86.77
Serie 2	21.37		45.64	66.43	109.76
Serie 3	21.31		68.18	81.13	132.11
Serie 4	34.77	34.66 KPa	38.19	80.29	142.51
Serie 5	34.67		75.85	99.84	179.87
Serie 6	34.52		113.17	113.76	216.74
Serie 7	68.06	67.94 KPa	76.09	132.87	280.28
Serie 8	67.76		150.65	153.96	353.94
Serie 9	68.00		225.97	169.85	429.97
Serie 10	102.66	102.78 KPa	76.10	150.67	384.09
Serie 11	102.74		113.46	162.67	421.68
Serie 12	102.94		225.93	192.18	534.74
Serie 13	137.49	137.28 KPa	114.52	186.62	526.98
Serie 14	137.42		150.90	196.74	563.17
Serie 15	136.92		299.95	243.85	710.71

Resultados
 $K_1 = 2.8421$
 $K_2 = 0.6742$
 $R^2 = 0.9888$

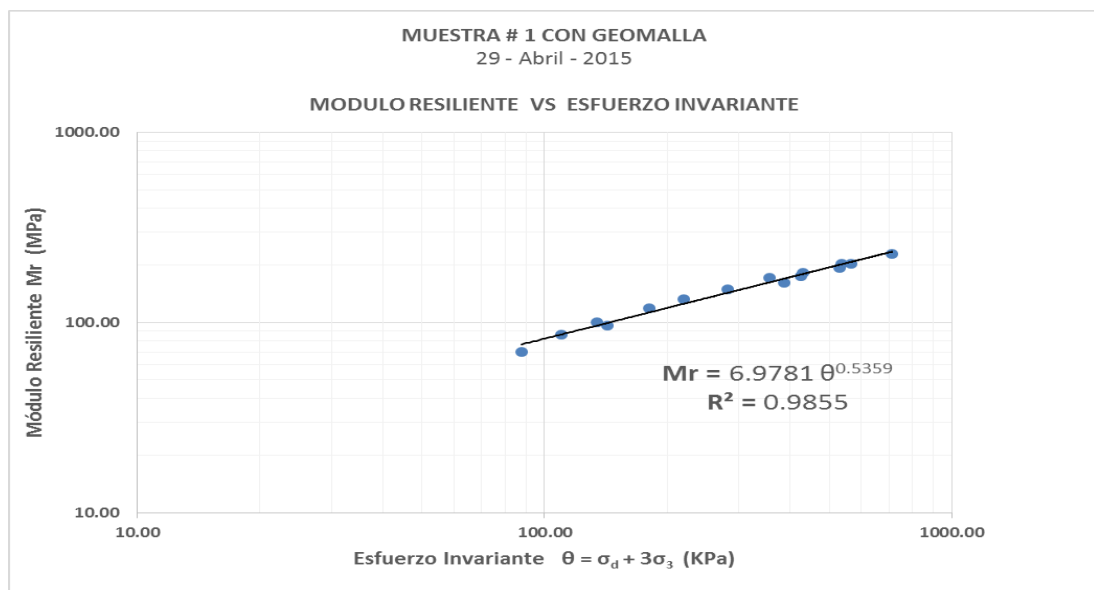
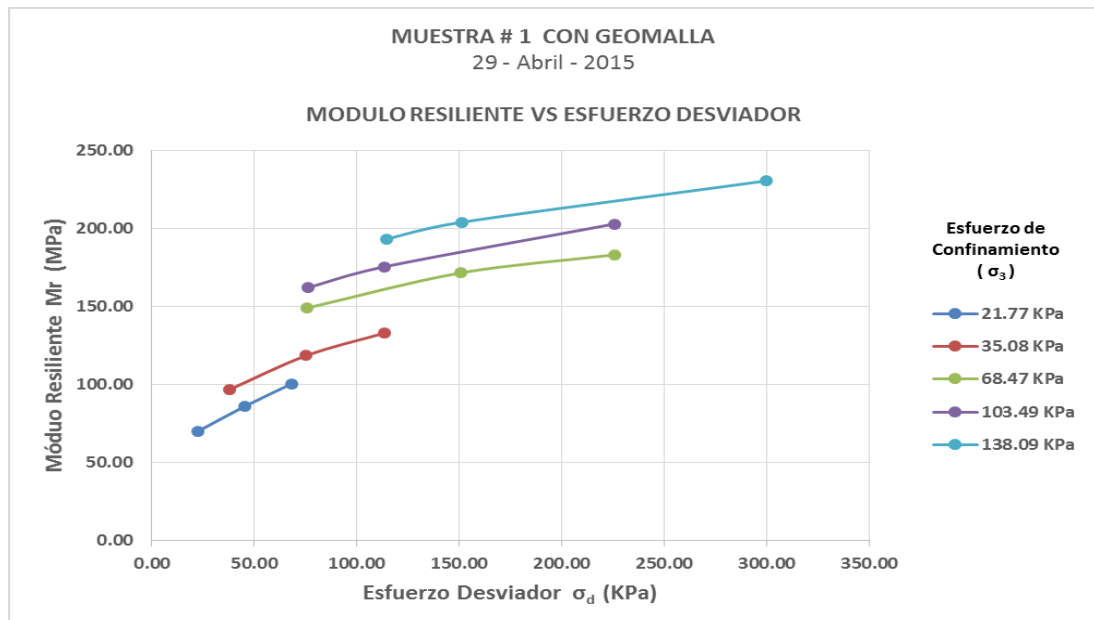


Ver Tabla en Anexo 6-15

Resultados 4-16 del Módulo Resiliente Muestra # 1 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.59	21.77 KPa	22.87	70.36	87.66
Serie 2	21.61		45.39	86.15	110.21
Serie 3	22.12		68.29	100.66	134.64
Serie 4	35.04	35.08 KPa	37.89	96.84	143.02
Serie 5	34.91		75.50	118.74	180.23
Serie 6	35.28		113.57	133.16	219.41
Serie 7	68.55	68.47 KPa	76.01	149.29	281.65
Serie 8	68.26		150.92	171.77	355.70
Serie 9	68.60		225.67	183.28	431.48
Serie 10	103.53	103.49 KPa	76.29	162.23	386.88
Serie 11	103.72		113.53	175.65	424.70
Serie 12	103.22		225.79	203.14	535.45
Serie 13	138.09	138.09 KPa	114.59	193.45	528.87
Serie 14	138.08		151.23	204.20	565.48
Serie 15	138.08		300.15	230.74	714.40

Resultados
 $K_1 = 6.9781$
 $K_2 = 0.5359$
 $R^2 = 0.9855$

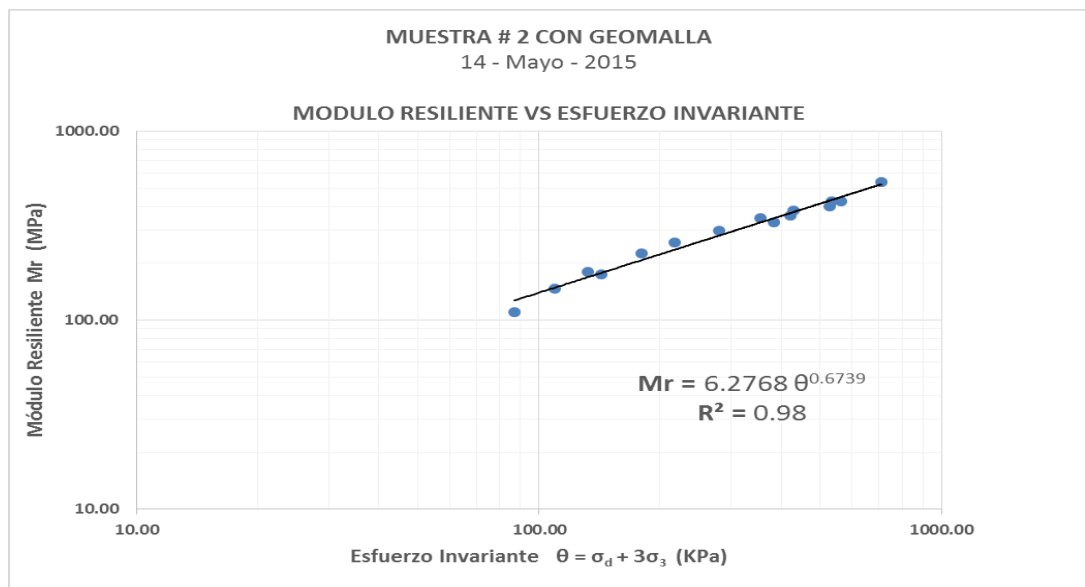
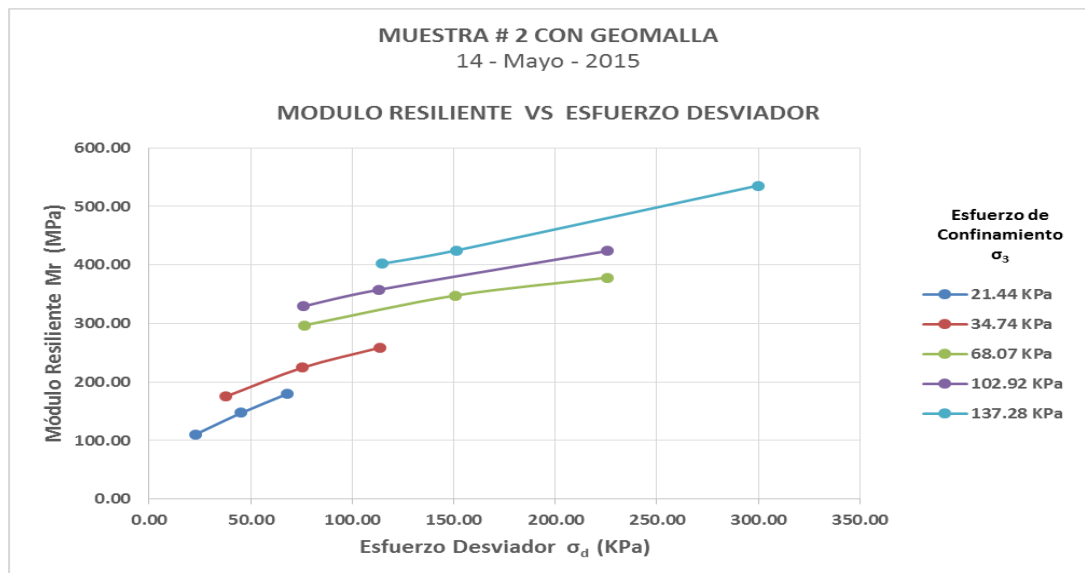


Ver Tabla en Anexo 6-16

Resultados 4-17 del Módulo Resiliente Muestra # 2 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.43	21.44 KPa	22.72	110.32	87.02
Serie 2	21.46		45.40	147.29	109.77
Serie 3	21.43		68.15	179.95	132.44
Serie 4	34.88	34.74 KPa	37.86	175.36	142.48
Serie 5	34.75		75.61	224.72	179.85
Serie 6	34.60		113.55	258.73	217.36
Serie 7	68.08	68.07 KPa	76.42	296.97	280.66
Serie 8	67.89		150.86	347.92	354.52
Serie 9	68.24		225.47	378.28	430.17
Serie 10	102.79	102.92 KPa	75.99	329.56	384.37
Serie 11	102.94		113.19	357.75	422.03
Serie 12	103.03		225.65	424.03	534.74
Serie 13	137.59	137.28 KPa	114.48	402.00	527.26
Serie 14	137.12		151.24	424.96	562.59
Serie 15	137.12		299.78	535.63	711.14

Resultados
 $K_1 = 6.2768$
 $K_2 = 0.6739$
 $R^2 = 0.98$

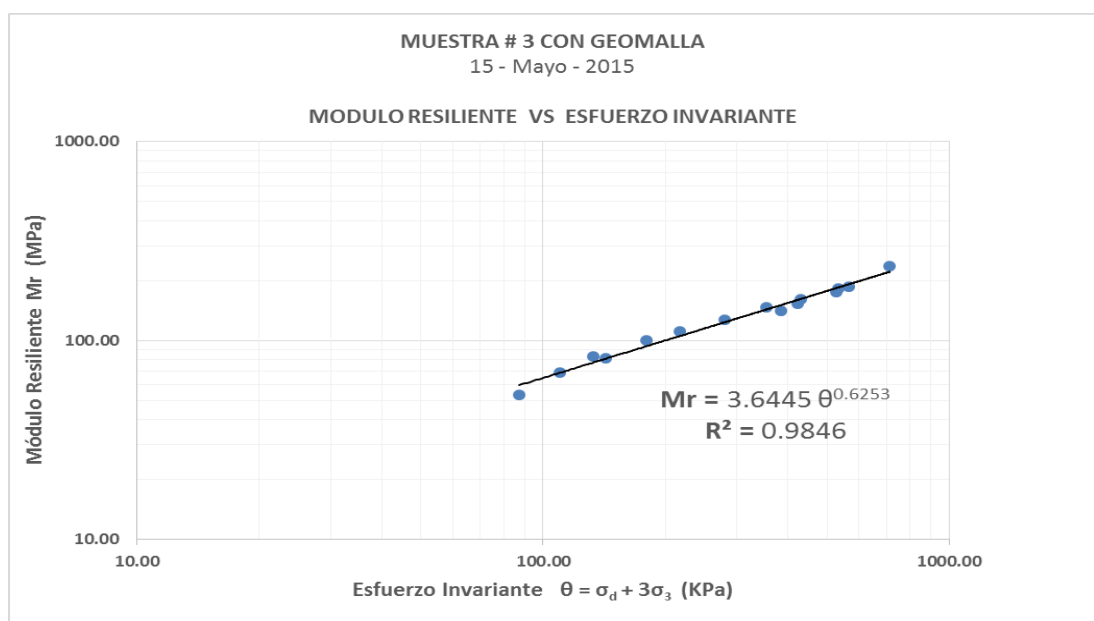
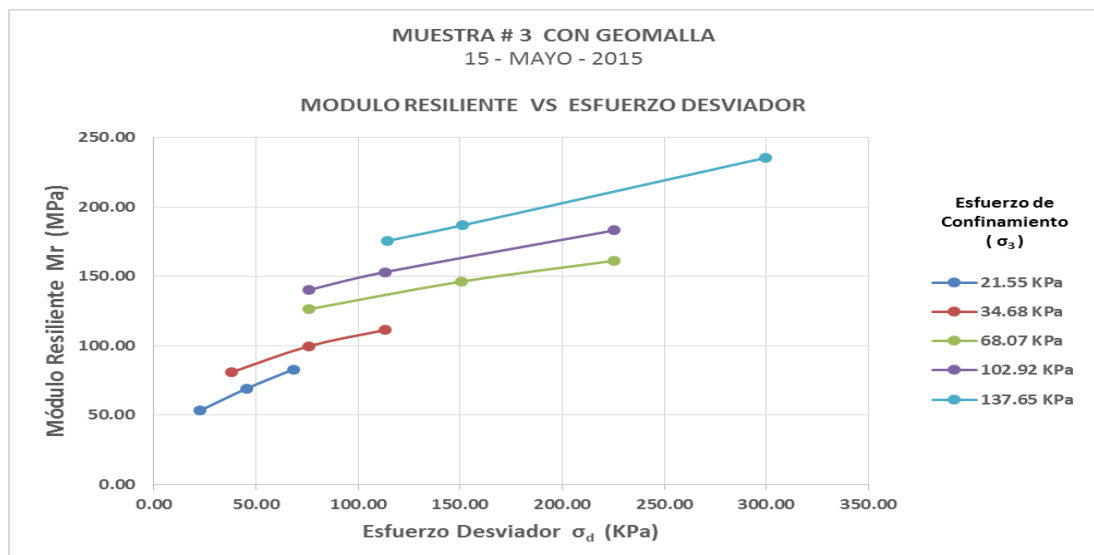


Ver Tabla en Anexo 6-17

Resultados 4-18 del Módulo Resiliente Muestra # 3 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.54	21.55 KPa	22.71	53.44	87.32
Serie 2	21.56		45.39	69.23	110.07
Serie 3	21.55		68.39	83.10	133.03
Serie 4	34.73	34.68 KPa	38.30	81.15	142.48
Serie 5	34.60		75.99	99.85	179.80
Serie 6	34.70		113.38	111.51	217.48
Serie 7	68.15	68.07 KPa	76.16	126.53	280.62
Serie 8	67.85		150.55	146.36	354.09
Serie 9	68.21		225.31	161.31	429.95
Serie 10	102.74	102.92 KPa	76.17	140.41	384.39
Serie 11	102.97		113.39	153.22	422.28
Serie 12	103.06		225.48	183.26	534.66
Serie 13	137.61	137.65 KPa	114.56	175.80	527.40
Serie 14	137.66		151.23	186.93	564.20
Serie 15	137.69		299.81	235.60	712.88

Resultados
 $K_1 = 3.6445$
 $K_2 = 0.6253$
 $R^2 = 0.9846$



Ver Tabla en Anexo 6-18

Resultados 4-19 del Módulo Resiliente Muestra # 4 Con Geomalla

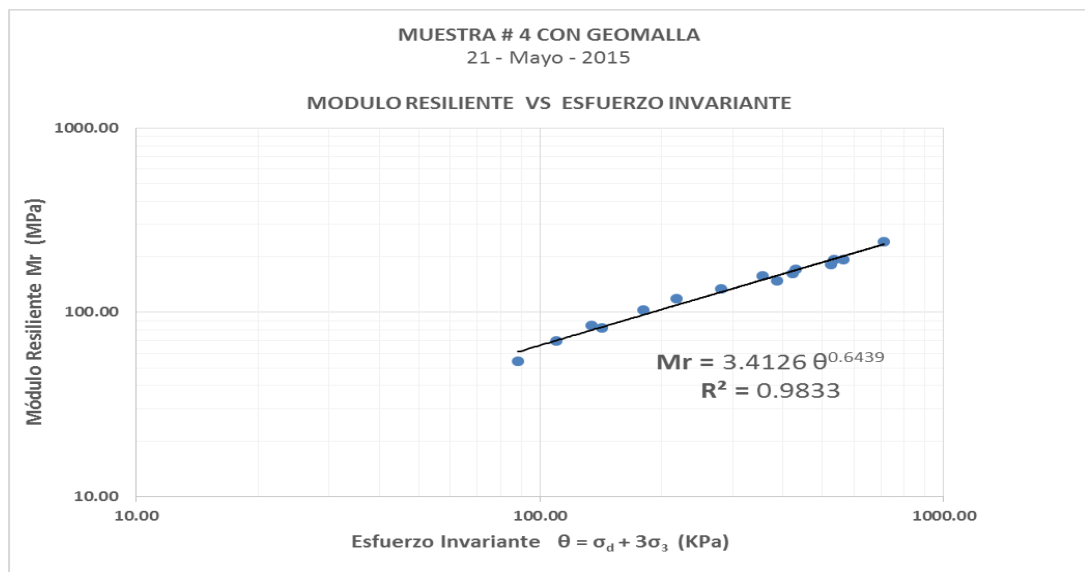
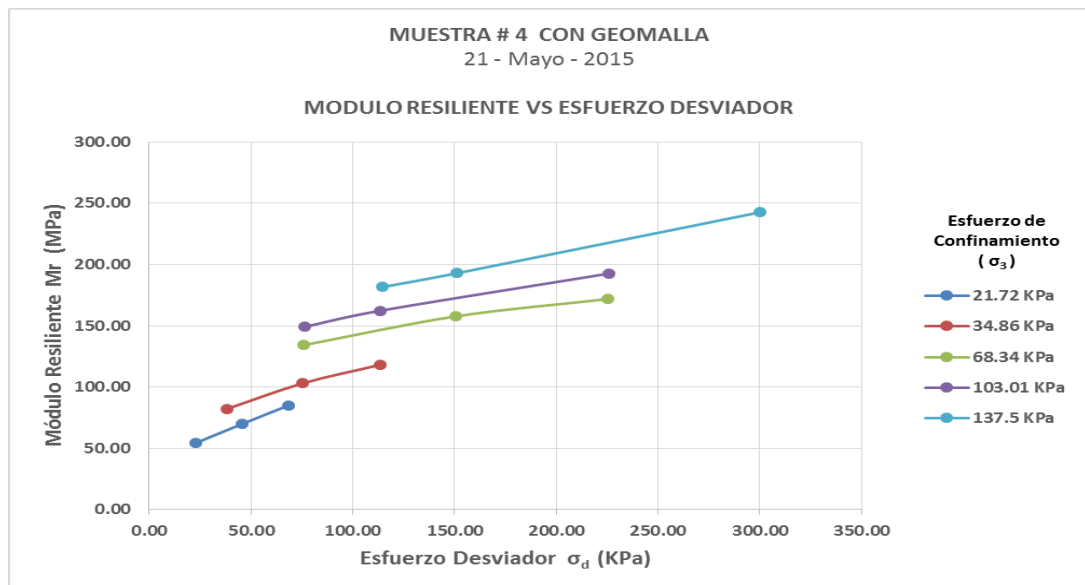
Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.81	21.72 KPa	22.69	54.24	88.13
Serie 2	21.37		45.67	69.94	109.77
Serie 3	21.99		68.26	84.91	134.24
Serie 4	34.67	34.86 KPa	38.22	82.19	142.24
Serie 5	35.01		75.66	103.17	180.70
Serie 6	34.88		113.39	118.14	218.03
Serie 7	68.48	68.34 KPa	75.95	134.25	281.38
Serie 8	68.13		150.79	157.73	355.18
Serie 9	68.41		225.43	171.82	430.65
Serie 10	103.23	103.01 KPa	76.35	149.11	386.06
Serie 11	102.84		113.35	162.25	421.88
Serie 12	102.96		225.82	192.61	534.69
Serie 13	137.50	137.5 KPa	114.81	181.62	527.32
Serie 14	137.49		151.32	192.95	563.78
Serie 15	137.50		299.97	242.51	712.48

Resultados

$$K_1 = 3.4126$$

$$K_2 = 0.6439$$

$$R^2 = 0.9833$$

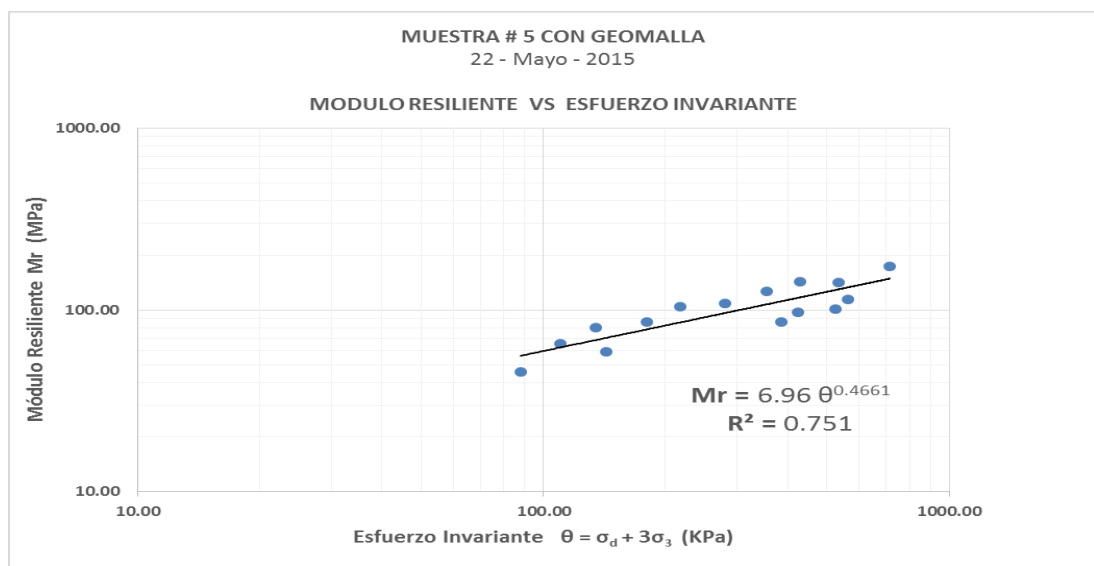
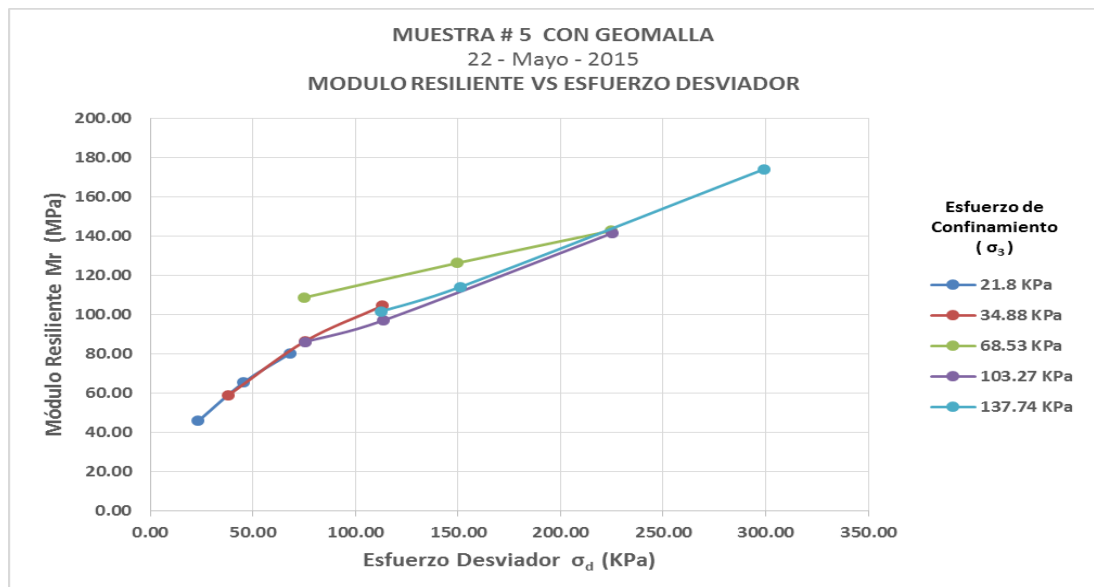


Ver Tabla en Anexo 6-19

Resultados 4-20 del Módulo Resiliente Muestra # 5 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.58	21.8 KPa	23.32	45.81	88.07
Serie 2	21.64		45.35	65.39	110.29
Serie 3	22.16		68.03	80.17	134.51
Serie 4	34.98	34.88 KPa	38.00	58.95	142.93
Serie 5	34.85		75.46	86.47	180.02
Serie 6	34.81		113.32	104.50	217.76
Serie 7	68.38	68.53 KPa	75.25	108.72	280.40
Serie 8	68.58		149.42	126.19	355.16
Serie 9	68.62		224.41	142.62	430.25
Serie 10	103.50	103.27 KPa	75.32	86.09	385.81
Serie 11	103.33		113.39	96.95	423.39
Serie 12	102.98		225.07	141.43	534.02
Serie 13	137.39	137.74 KPa	112.53	101.59	524.71
Serie 14	137.84		151.23	114.11	564.75
Serie 15	137.99		299.05	173.92	713.03

Resultados
 $K_1 = 6.96$
 $K_2 = 0.4661$
 $R^2 = 0.751$



Ver Tabla en Anexo 6-20

Resultados 4-21 del Módulo Resiliente Muestra # 6 Con Geomalla

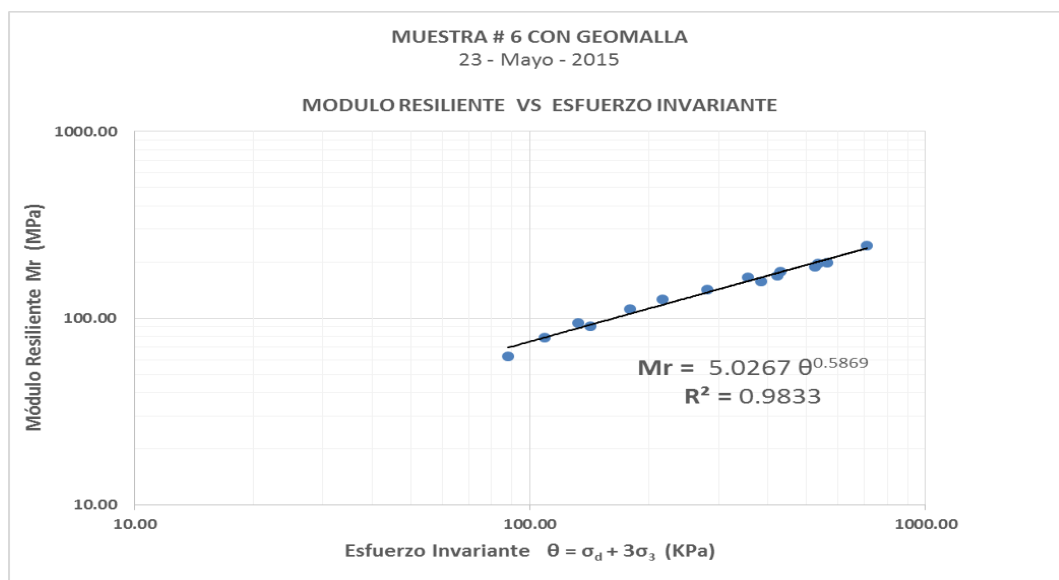
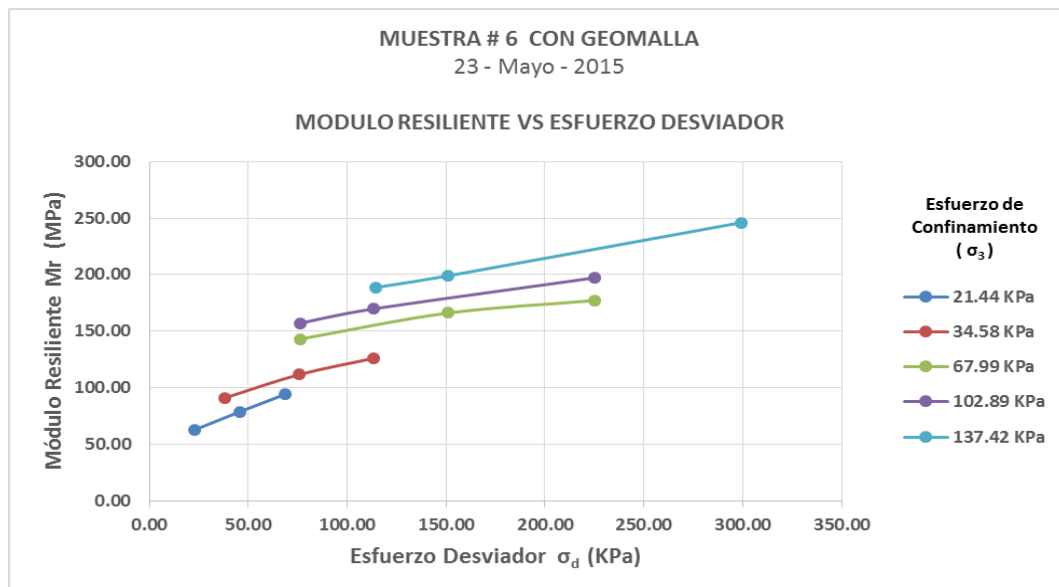
Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.79	21.44 KPa	22.83	62.65	88.19
Serie 2	21.25		45.53	78.61	109.29
Serie 3	21.28		68.58	94.14	132.41
Serie 4	34.69	34.58 KPa	37.90	90.81	141.98
Serie 5	34.58		75.57	111.54	179.32
Serie 6	34.47		113.28	125.98	216.70
Serie 7	68.11	67.99 KPa	76.18	143.07	280.51
Serie 8	68.08		150.87	166.04	355.11
Serie 9	67.77		225.08	177.15	428.40
Serie 10	102.90	102.89 KPa	76.36	157.20	385.06
Serie 11	103.13		113.38	169.72	422.78
Serie 12	102.62		225.28	197.33	533.15
Serie 13	137.44	137.42 KPa	114.48	188.66	526.81
Serie 14	137.43		150.82	199.03	563.11
Serie 15	137.38		299.15	246.09	711.28

Resultados

$$K_1 = 5.0267$$

$$K_2 = 0.5869$$

$$R^2 = 0.9833$$

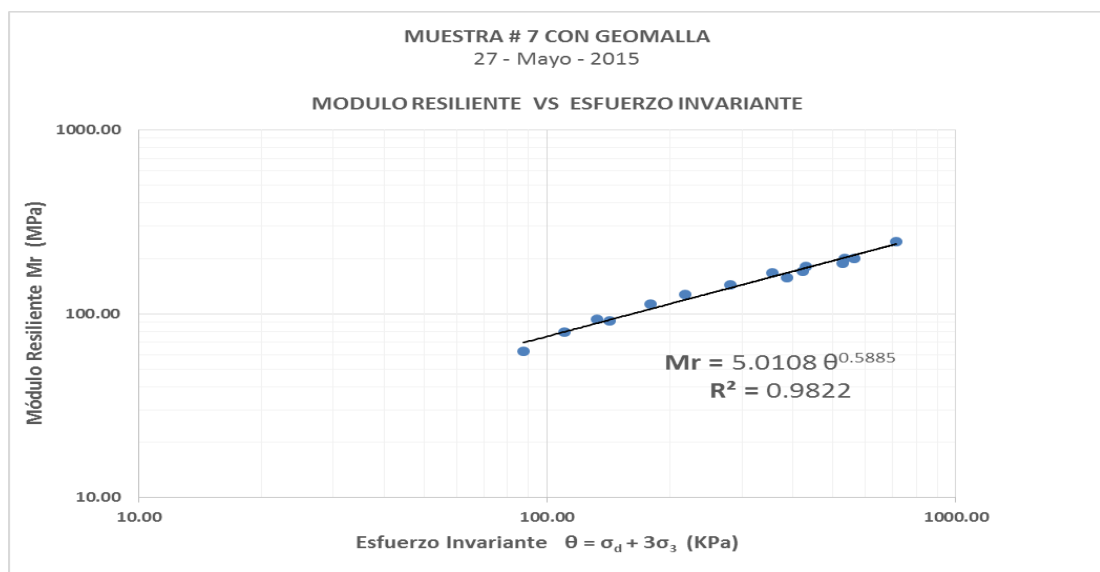
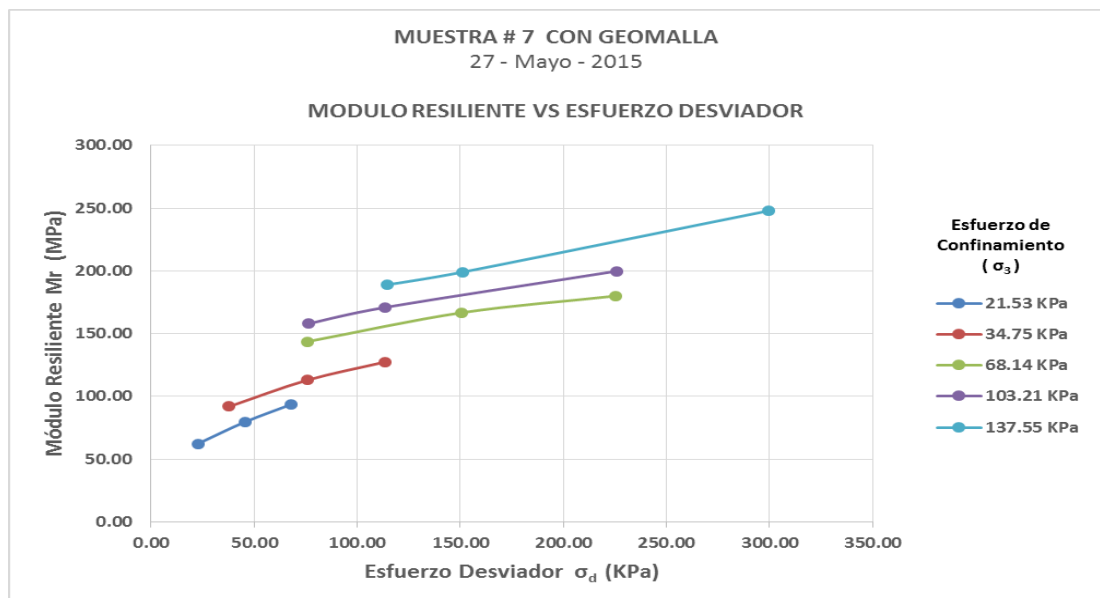


Ver Tabla en Anexo 6-21

Resultados 4-22 del Módulo Resiliente Muestra # 7 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.64	21.53 KPa	20.7	62.27	87.71
Serie 2	21.60		41.4	79.62	110.35
Serie 3	21.36		62.1	93.77	132.32
Serie 4	34.72	34.75 KPa	34.5	91.91	142.17
Serie 5	34.60		68.9	112.96	179.53
Serie 6	34.93		103.4	127.37	218.06
Serie 7	68.26	68.14 KPa	68.9	143.78	280.82
Serie 8	67.96		137.9	166.79	354.70
Serie 9	68.19		206.8	180.08	429.92
Serie 10	103.06	103.21 KPa	68.9	157.91	385.41
Serie 11	103.20		103.4	170.91	423.02
Serie 12	103.36		206.8	199.87	536.00
Serie 13	137.50	137.55 KPa	103.4	189.00	527.22
Serie 14	137.58		137.9	199.10	563.83
Serie 15	137.58		275.8	248.01	712.45

Resultados
 $K_1 = 5.0108$
 $K_2 = 0.5885$
 $R^2 = 0.9822$

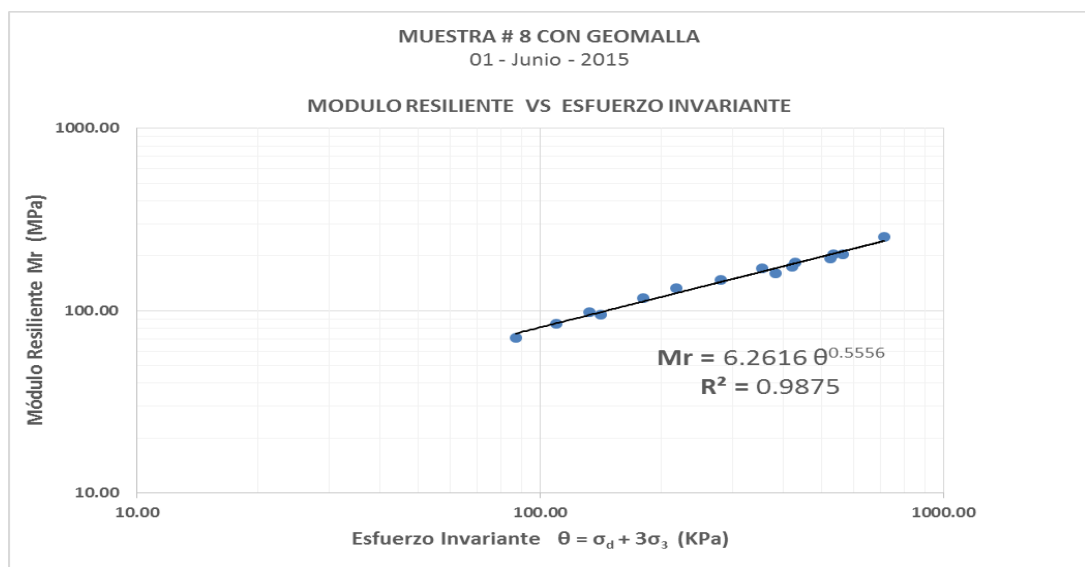
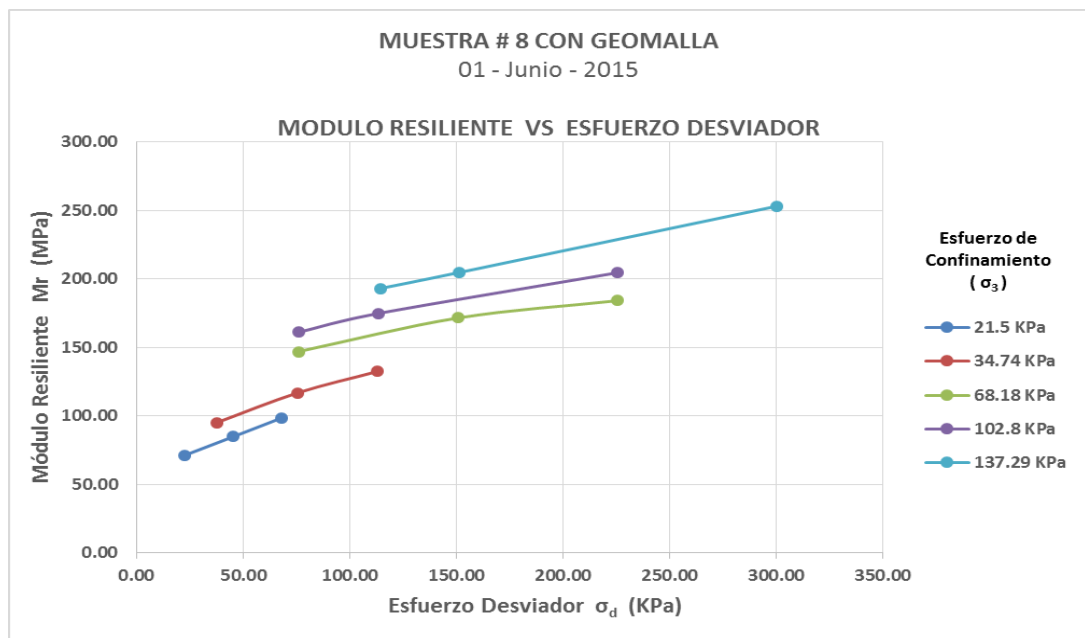


Ver Tabla en Anexo 6-22

Resultados 4-23 del Módulo Resiliente Muestra # 8 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (Mpa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.53	21.5 KPa	22.74	71.17	87.33
Serie 2	21.50		45.37	84.66	109.87
Serie 3	21.48		68.29	98.50	132.72
Serie 4	34.57	34.74 KPa	37.81	95.06	141.52
Serie 5	34.90		75.73	116.80	180.41
Serie 6	34.76		113.24	132.45	217.52
Serie 7	68.12	68.18 KPa	75.97	146.88	280.34
Serie 8	68.38		150.90	171.48	356.03
Serie 9	68.03		225.68	184.11	429.77
Serie 10	102.71	102.8 KPa	76.15	161.05	384.27
Serie 11	102.81		113.42	174.71	421.84
Serie 12	102.89		225.69	204.52	534.37
Serie 13	137.21	137.29 KPa	114.34	192.96	525.98
Serie 14	137.38		151.19	204.60	563.31
Serie 15	137.29		300.22	253.05	712.09

Resultados
 $K_1 = 6.2616$
 $K_2 = 0.5556$
 $R^2 = 0.9875$

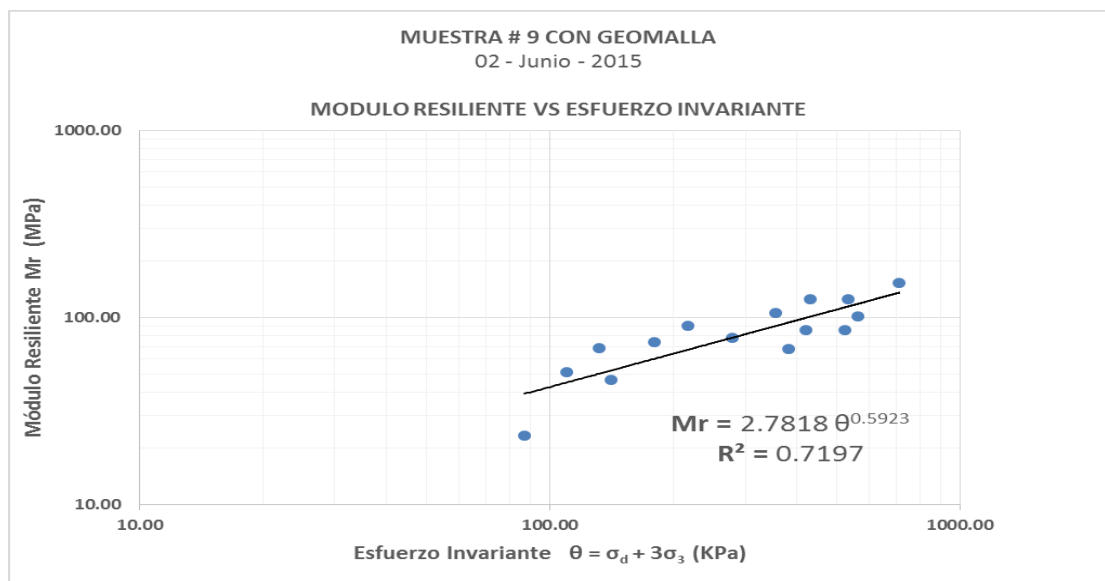
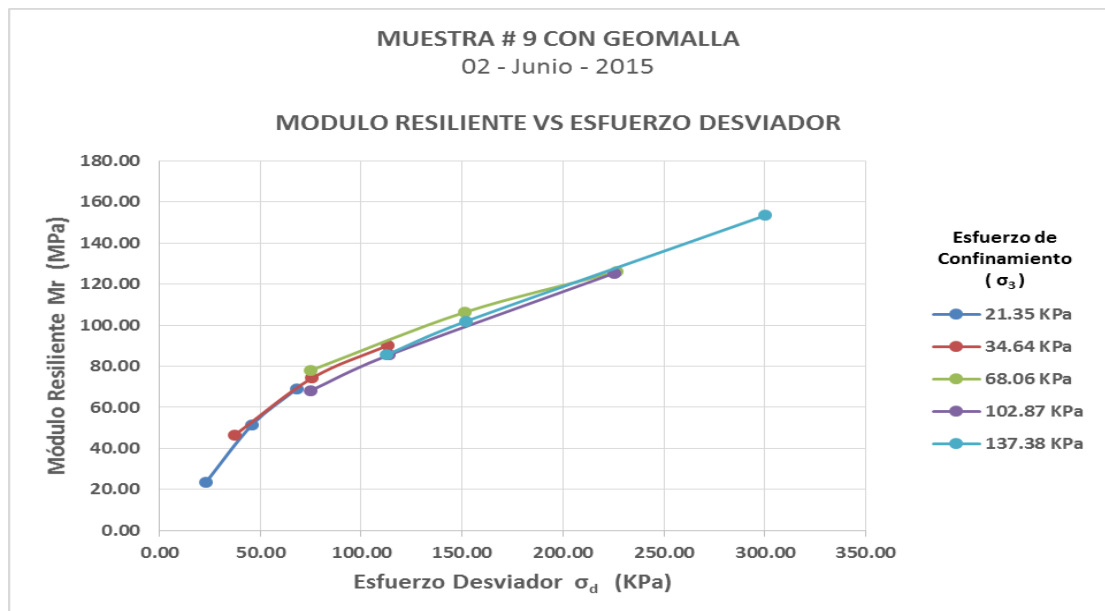


Ver Tabla en Anexo 6-23

Resultados 4-24 del Módulo Resiliente Muestra # 9 Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (KPa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.26	21.35 KPa	23.09	23.48	86.87
Serie 2	21.39		45.89	51.37	110.05
Serie 3	21.41		68.08	69.03	132.31
Serie 4	34.45	34.64 KPa	37.46	46.61	140.81
Serie 5	34.79		75.71	74.26	180.08
Serie 6	34.67		113.34	90.21	217.35
Serie 7	67.96	68.06 KPa	74.97	77.96	278.86
Serie 8	67.97		151.32	106.26	355.23
Serie 9	68.24		226.34	125.97	431.05
Serie 10	102.79	102.87 KPa	75.11	68.19	383.49
Serie 11	102.79		113.90	85.52	422.26
Serie 12	103.02		225.46	125.32	534.52
Serie 13	137.34	137.38 KPa	112.85	85.67	524.86
Serie 14	137.40		151.90	101.84	564.11
Serie 15	137.39		300.35	153.43	712.53

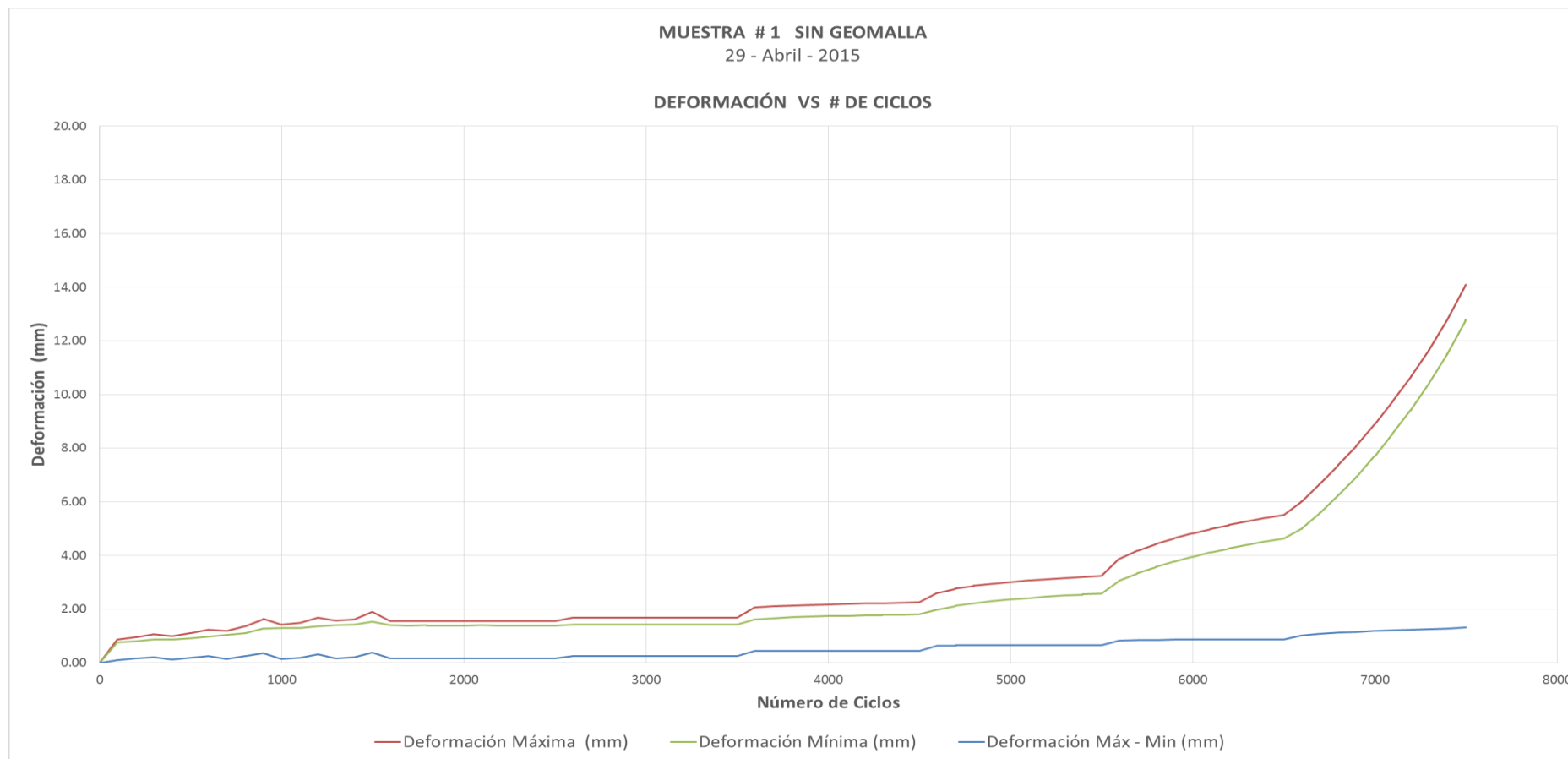
Resultados
 $K_1 = 2.7818$
 $K_2 = 0.5923$
 $R^2 = 0.7197$



Ver Tabla en Anexo 6-24

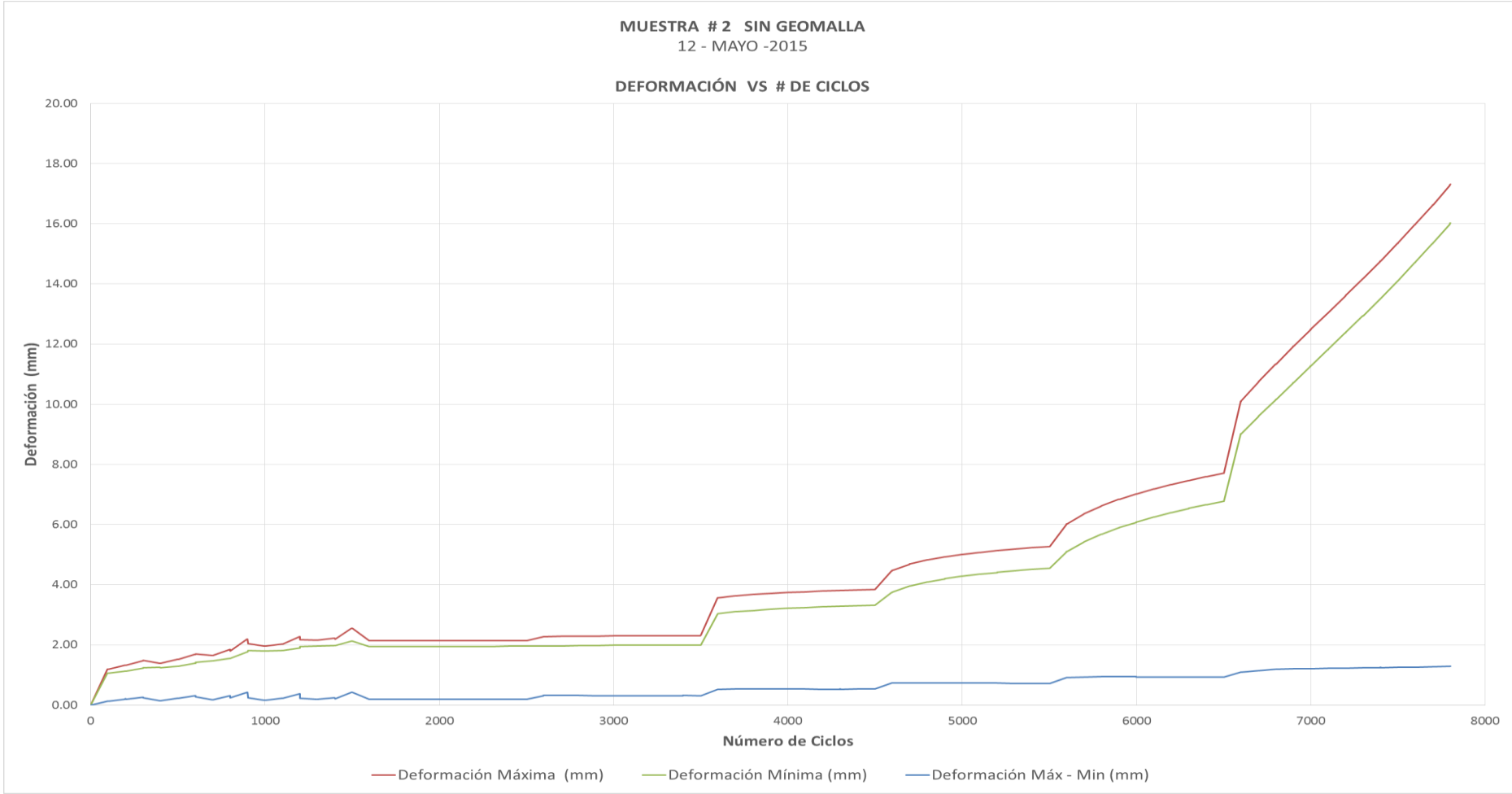
4.3 Ensayo Triaxial de Carga Repetida (NCHRP 598 Proyecto 4-31)

Resultados 4-25 de la Deformación Permanente Muestra # 1 Sin Geomalla



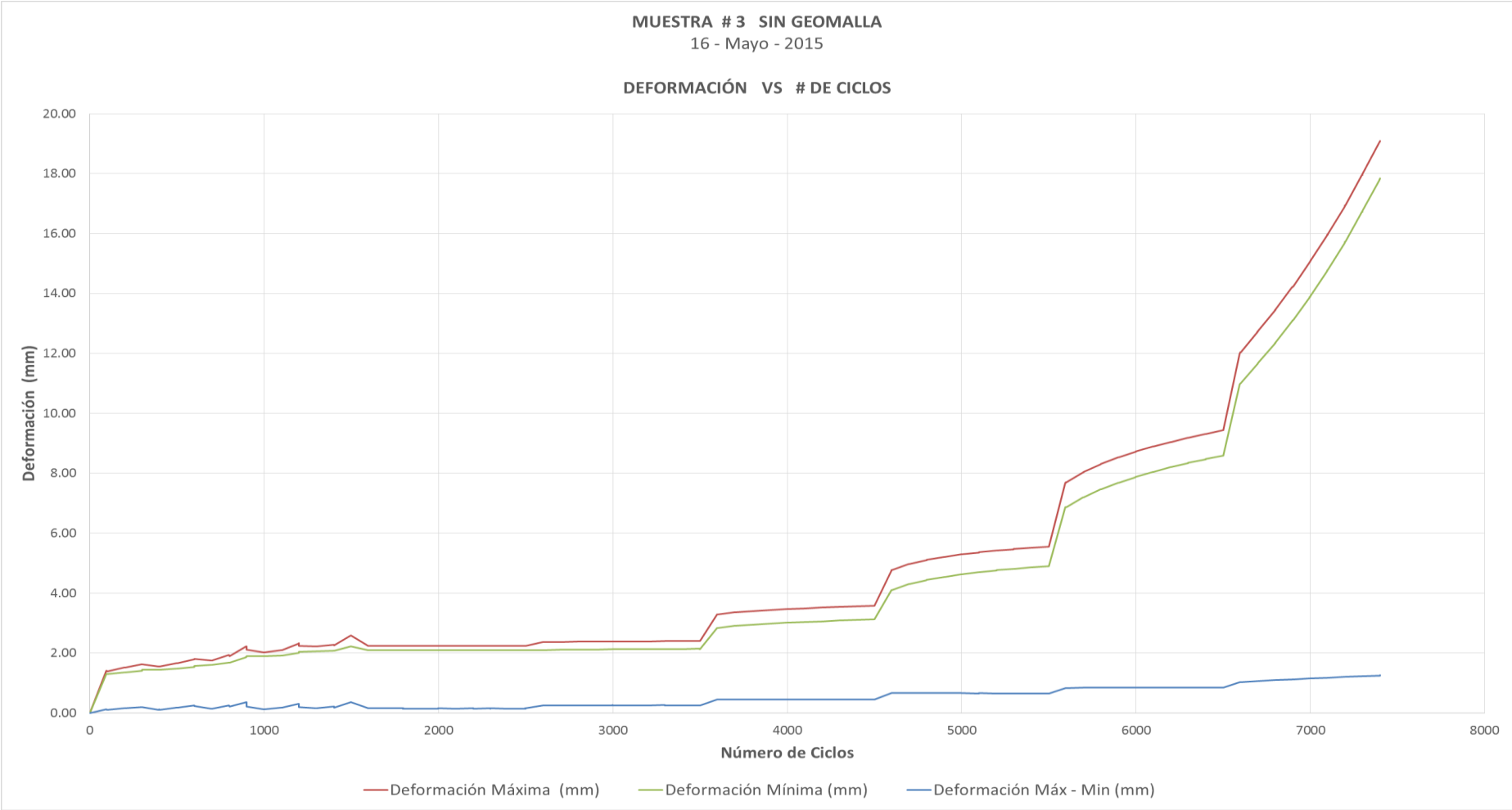
Ver Tabla en Anexo 6-25

Resultados 4-26 de la Deformación Permanente Muestra # 2 Sin Geomalla



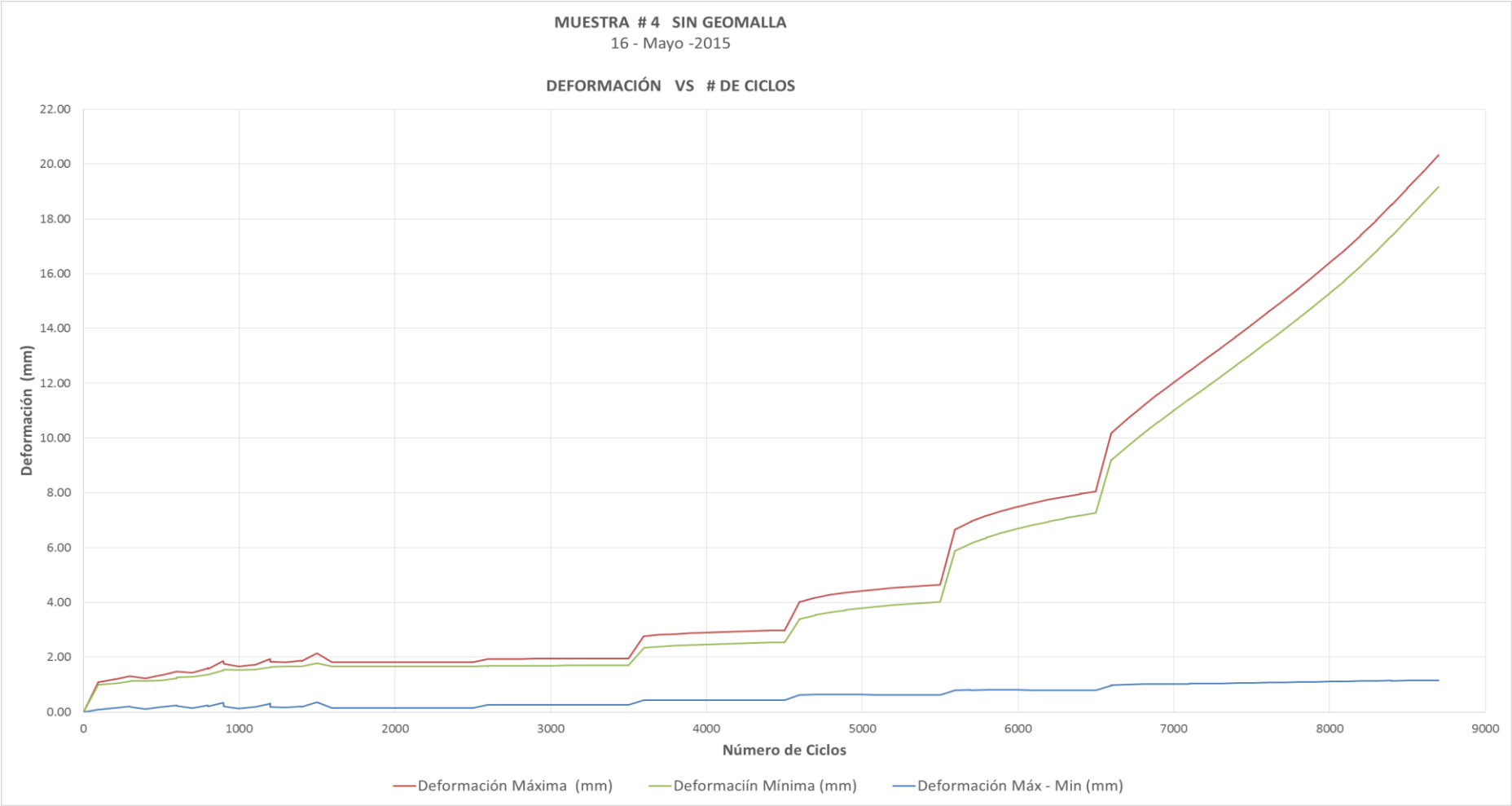
Ver Tabla en Anexo 6-26

Resultados 4-27 de la Deformación Permanente Muestra # 3 Sin Geomalla



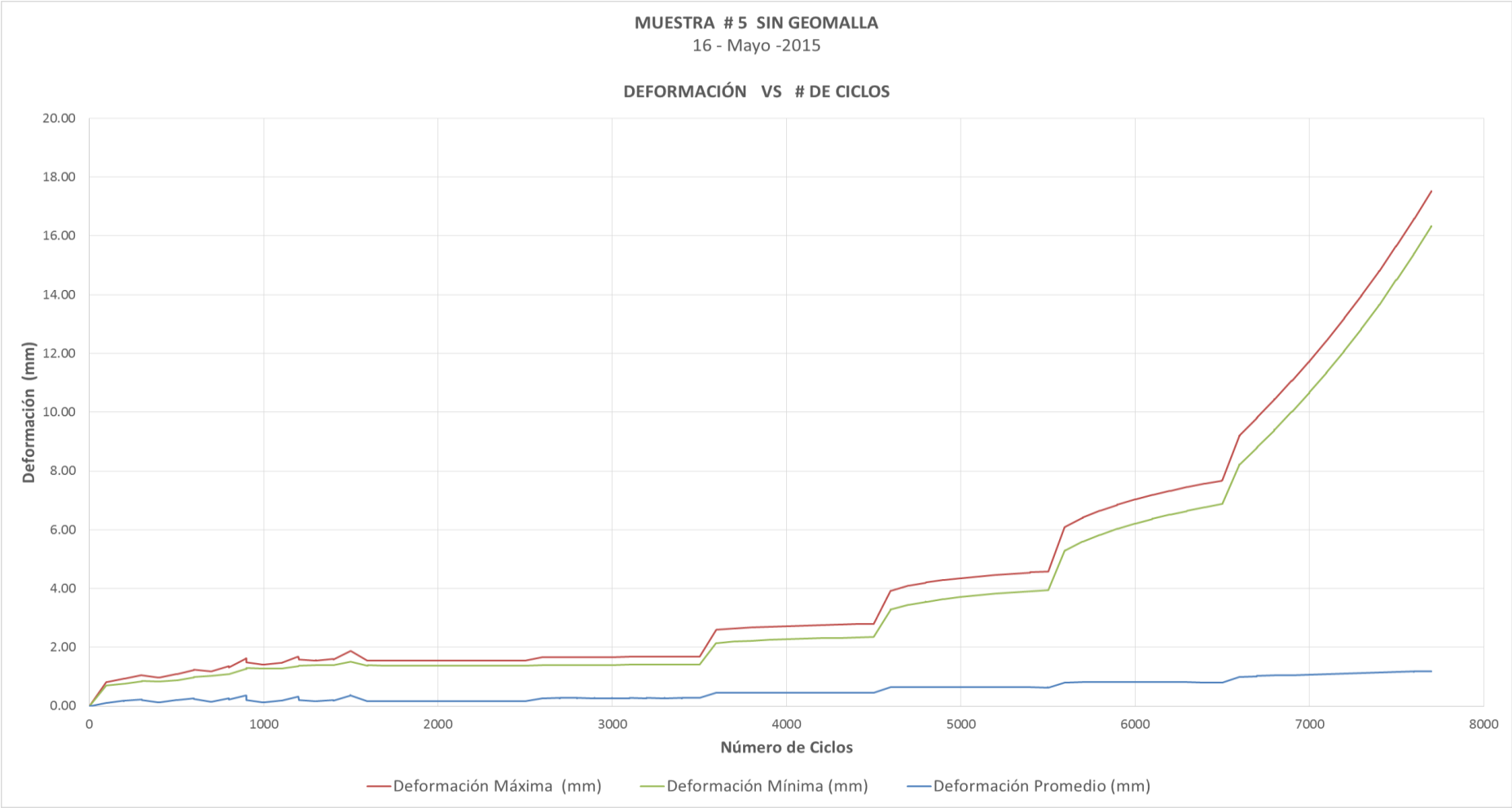
Ver Tabla en Anexo 6-27

Resultados 4-28 de la Deformación Permanente Muestra # 4 Sin Geomalla



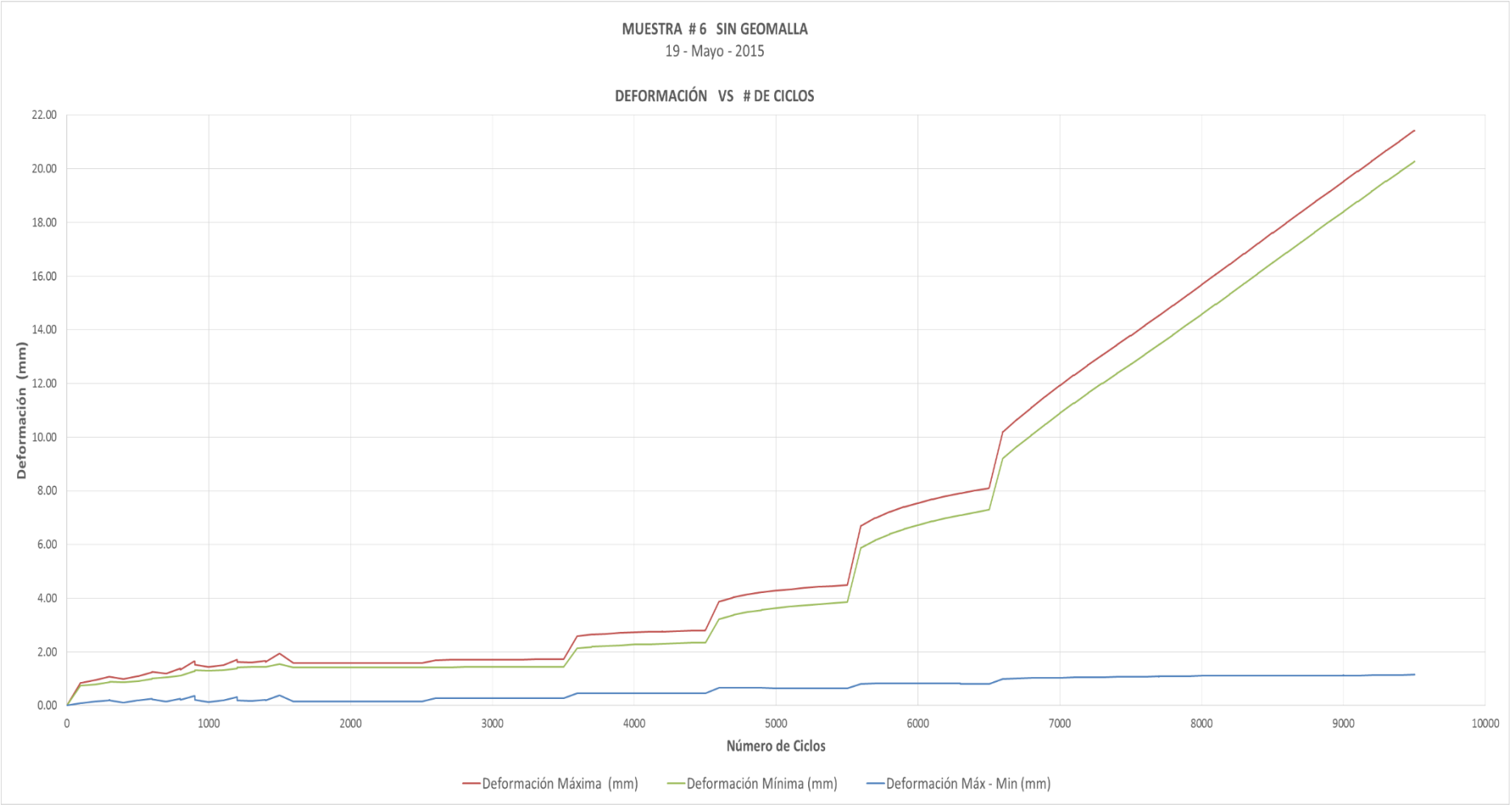
Ver Tabla en Anexo 6-28

Resultados 4-29 de la Deformación Permanente Muestra # 5 Sin Geomalla



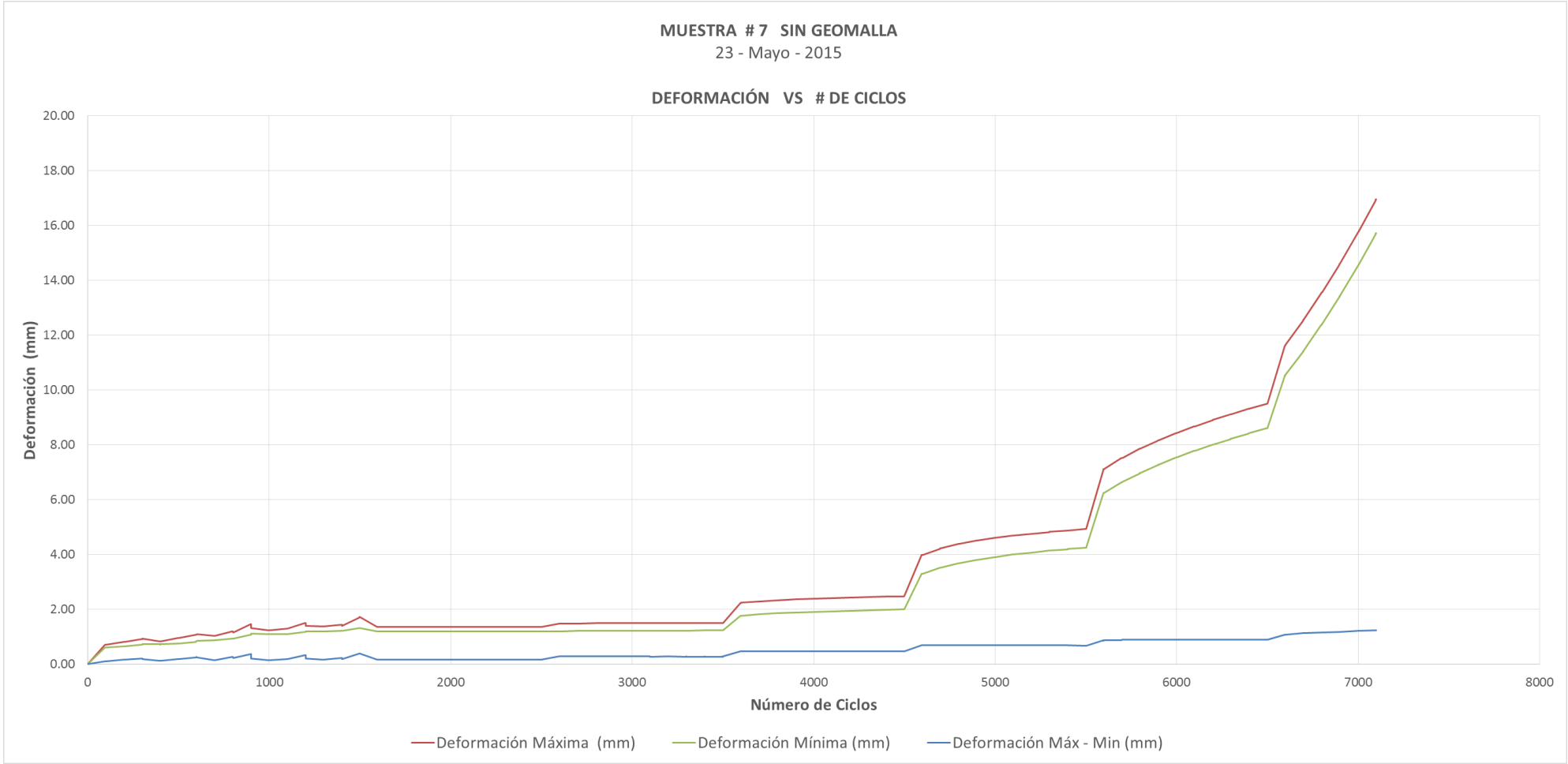
Ver Tabla en Anexo 6-29

Resultados 4-30 de la Deformación Permanente Muestra # 6 Sin Geomalla



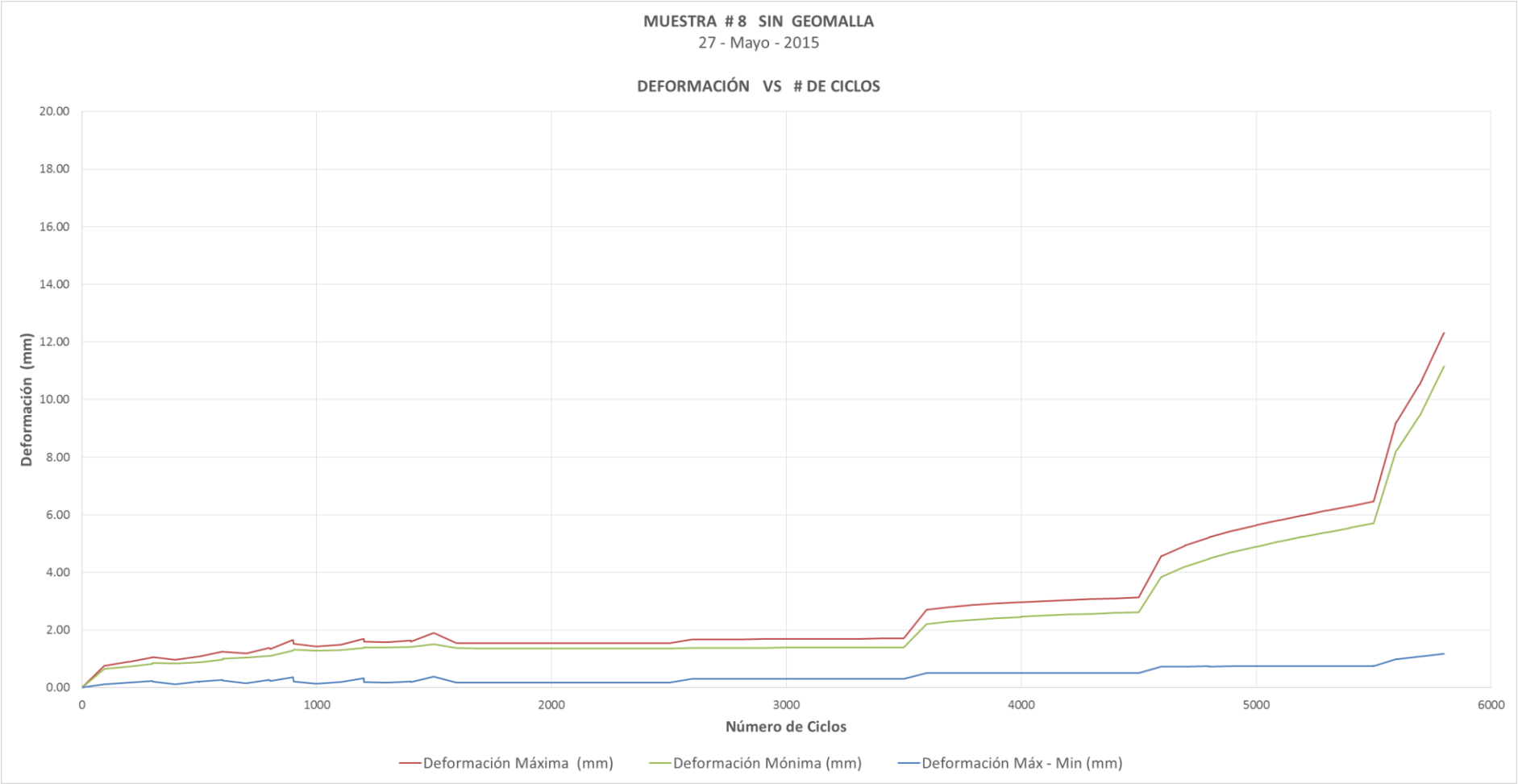
Ver Tabla en Anexo 6-30

Resultados 4-31 de la Deformación Permanente Muestra # 7 Sin Geomalla



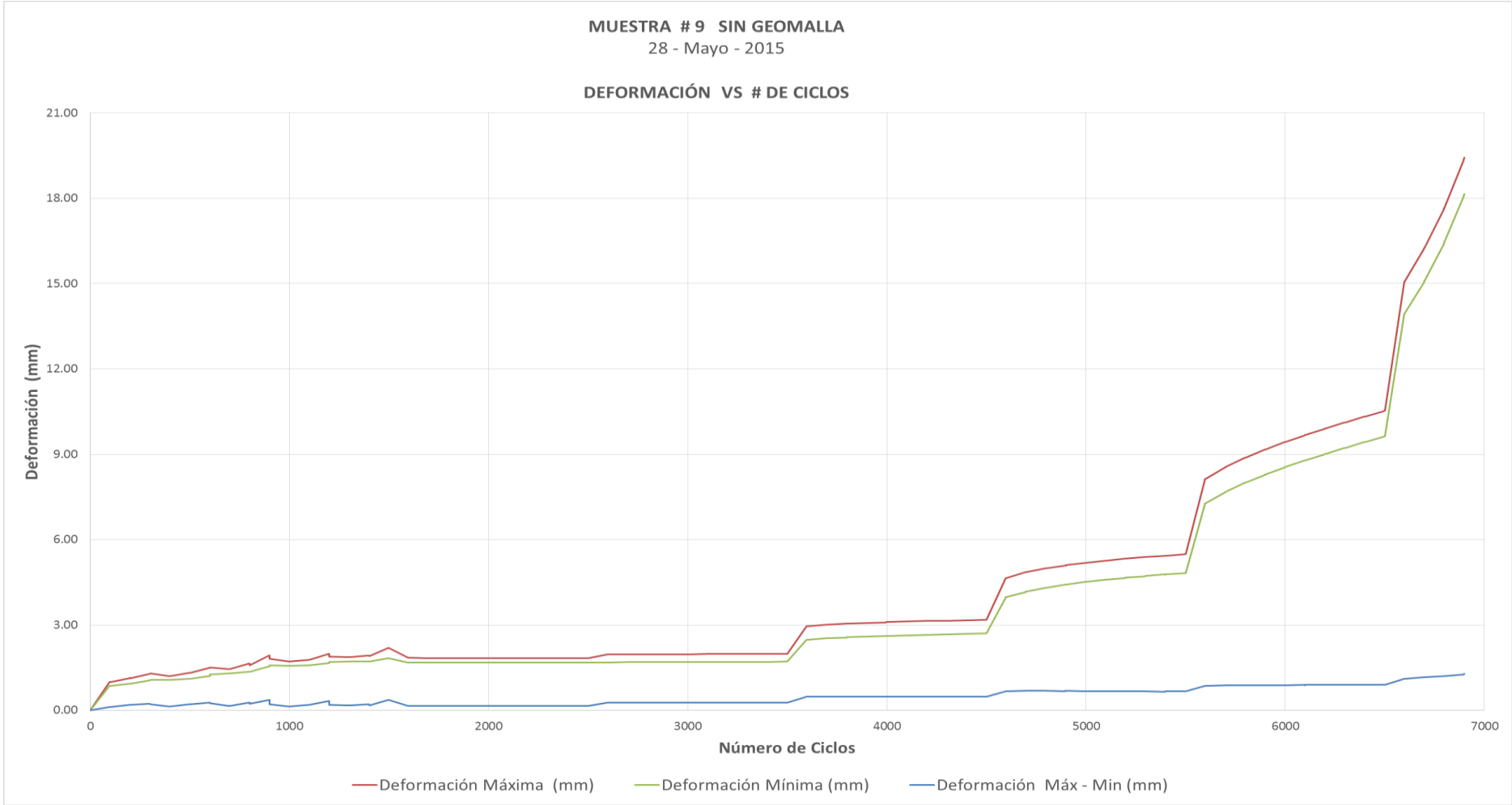
Ver Tabla en Anexo 6-31

Resultados 4-32 de la Deformación Permanente Muestra # 8 Sin Geomalla



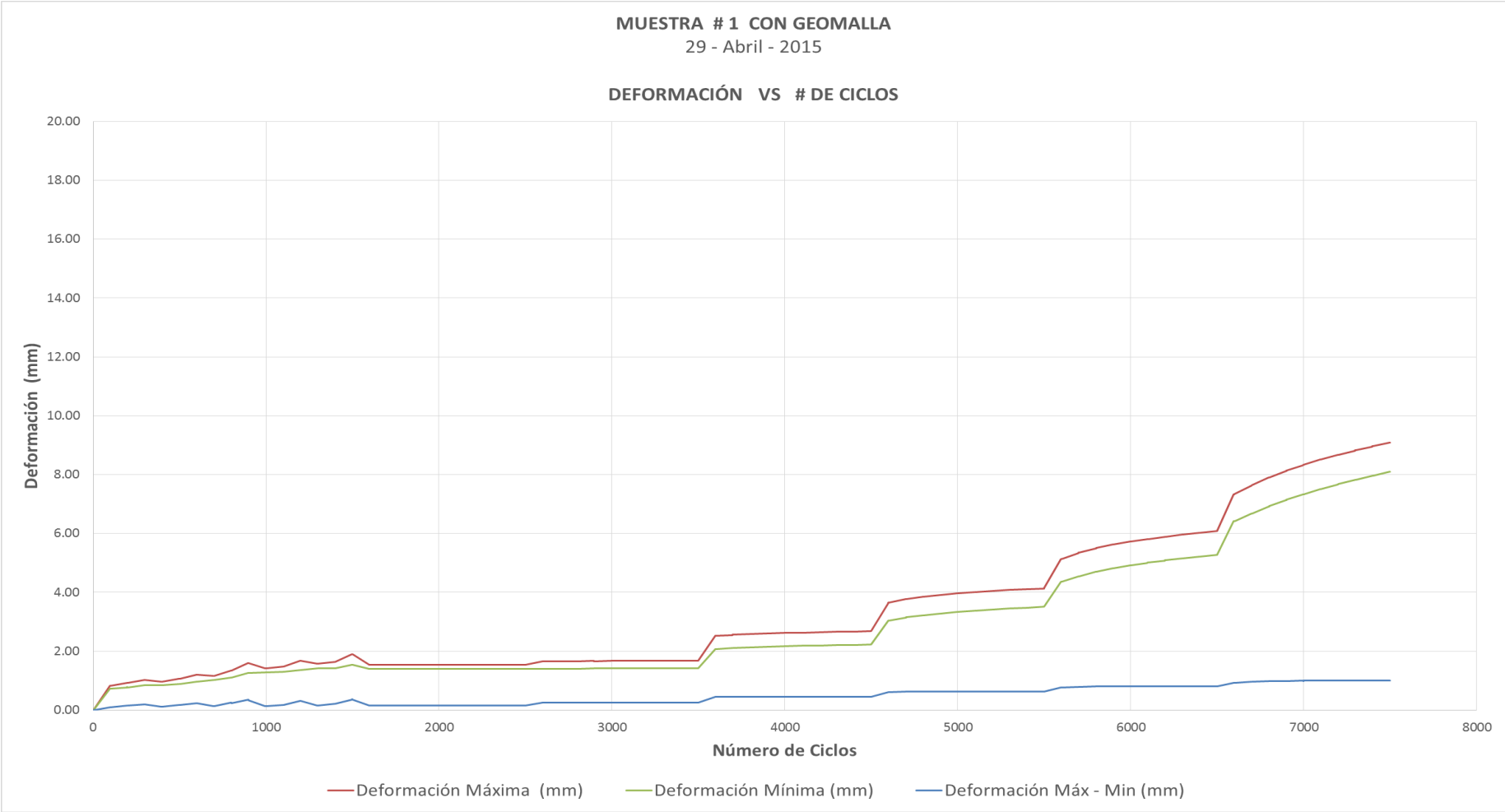
Ver Tabla en Anexo 6-32

Resultados 4-33 de la Deformación Permanente Muestra # 9 Sin Geomalla



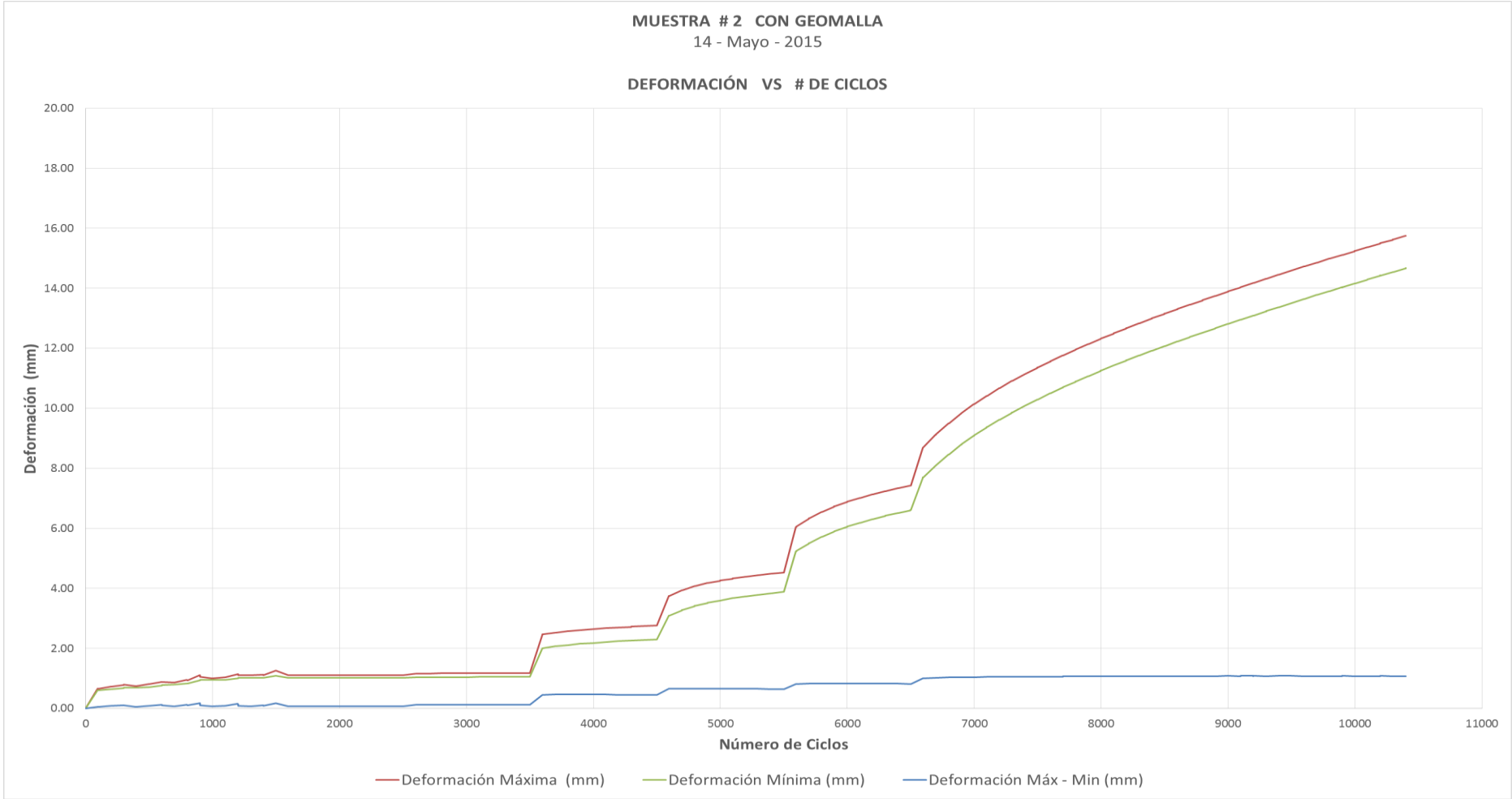
Ver Tabla en Anexo 6-33

Resultados 4-34 de la Deformación Permanente Muestra # 1 Con Geomalla



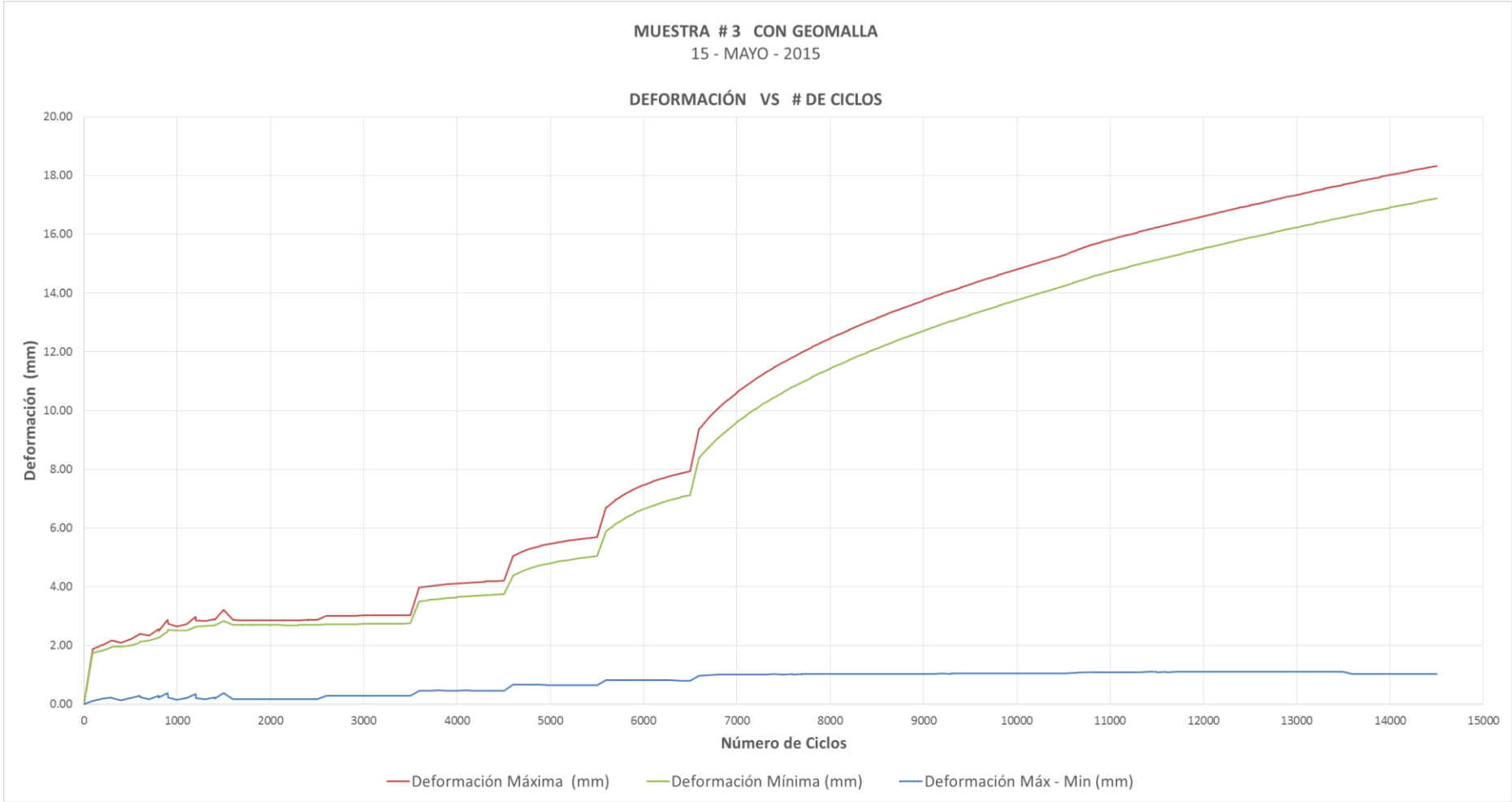
Ver Tabla en Anexo 6-34

Resultados 4-35 de la Deformación Permanente Muestra # 2 Con Geomalla



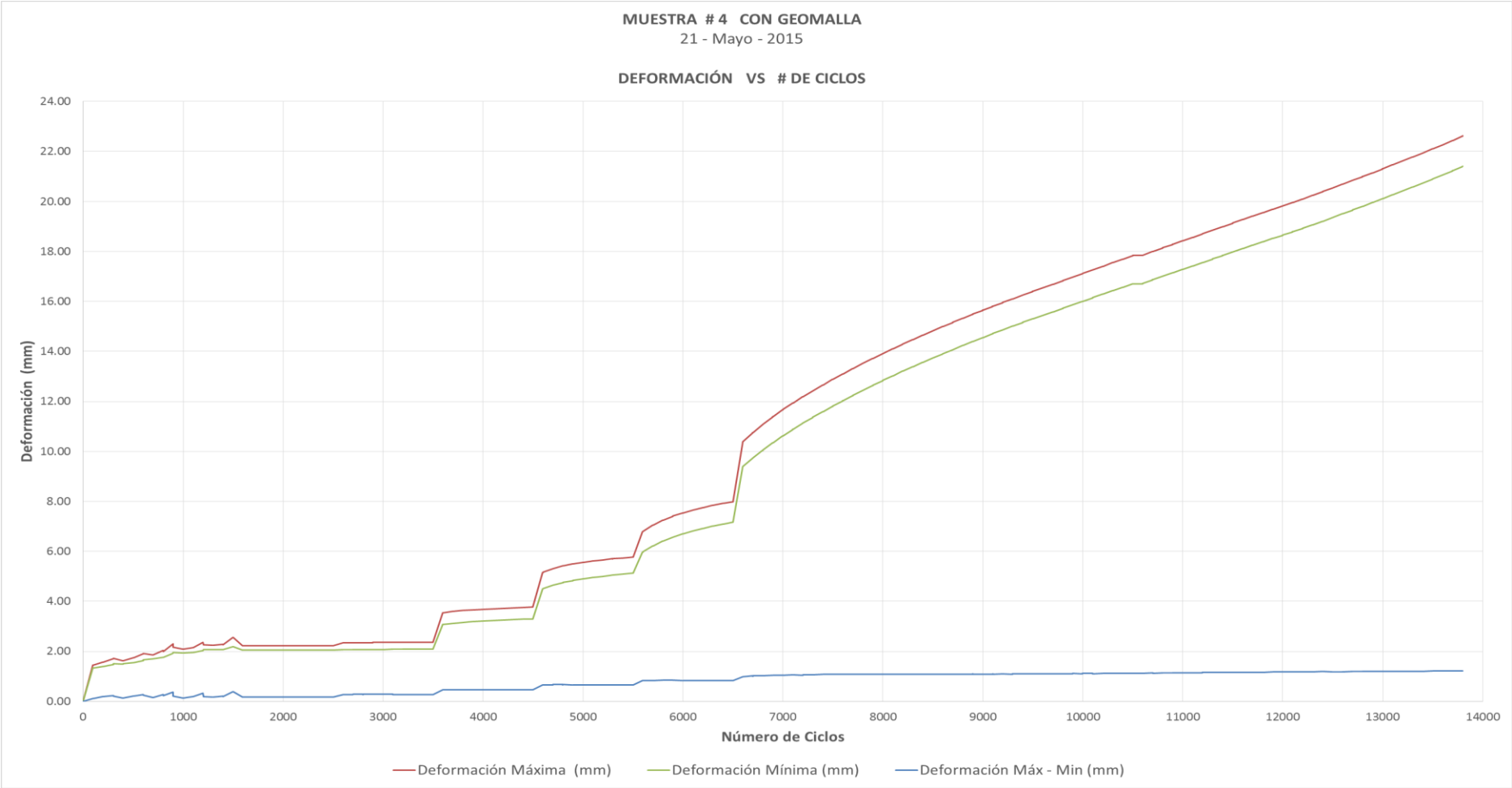
Ver Tabla en Anexo 6-35

Resultados 4-36 de la Deformación Permanente Muestra # 3 Con Geomalla



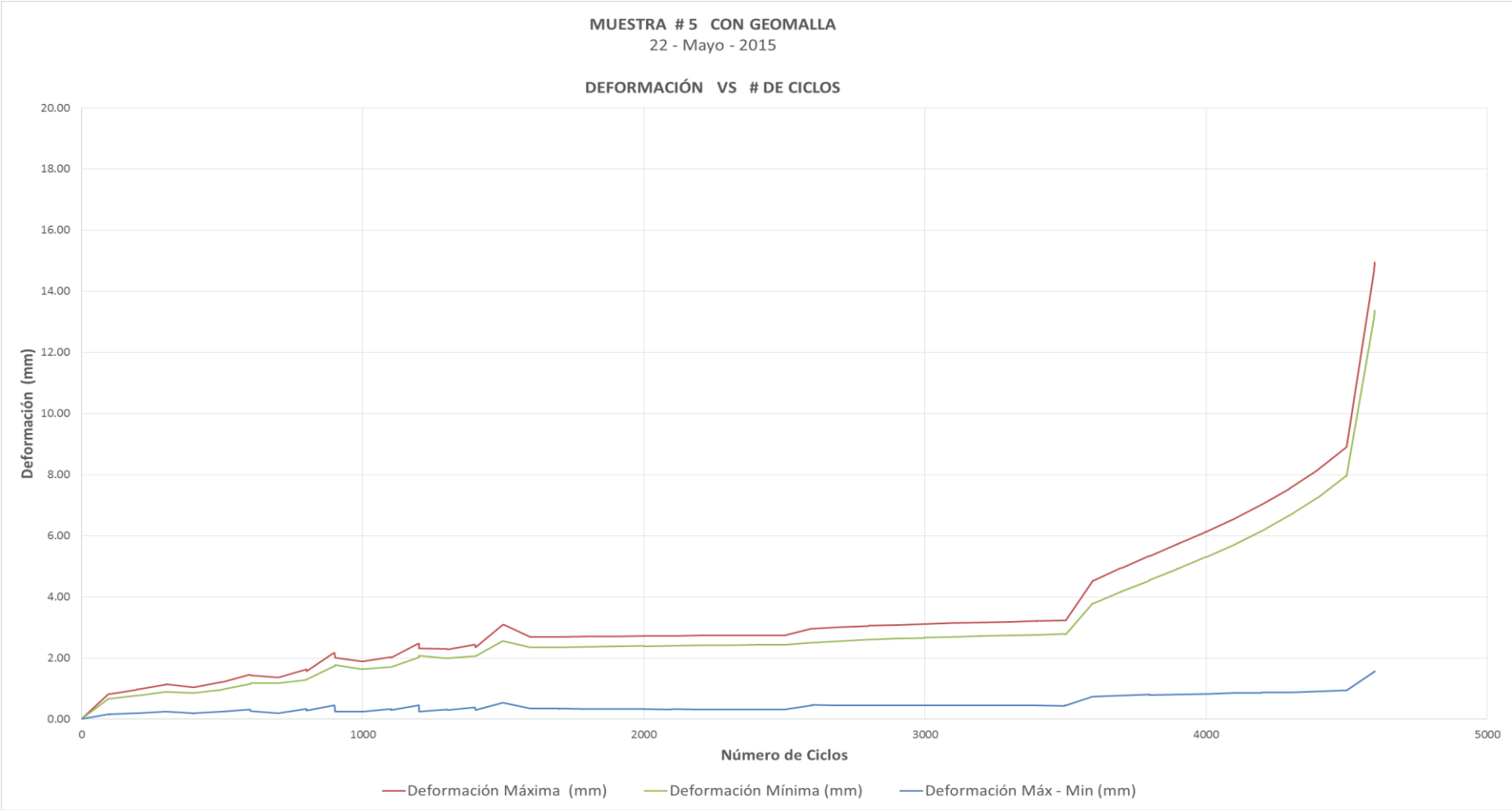
Ver Tabla en Anexo 6-36

Resultados 4-37 de la Deformación Permanente Muestra # 4 Con Geomalla



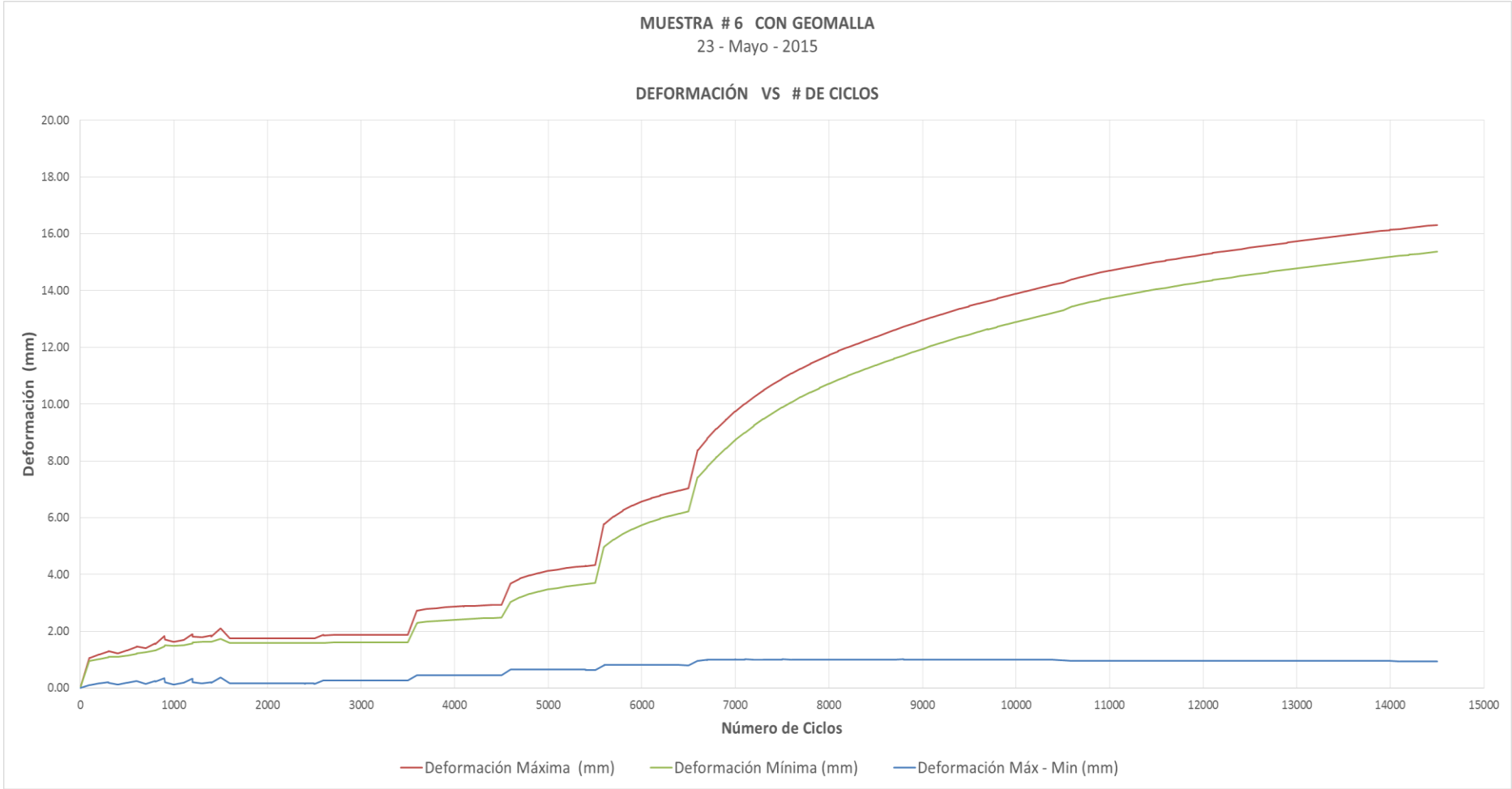
Ver Tabla en Anexo 6-37

Resultados 4-38 de la Deformación Permanente Muestra # 5 Con Geomalla



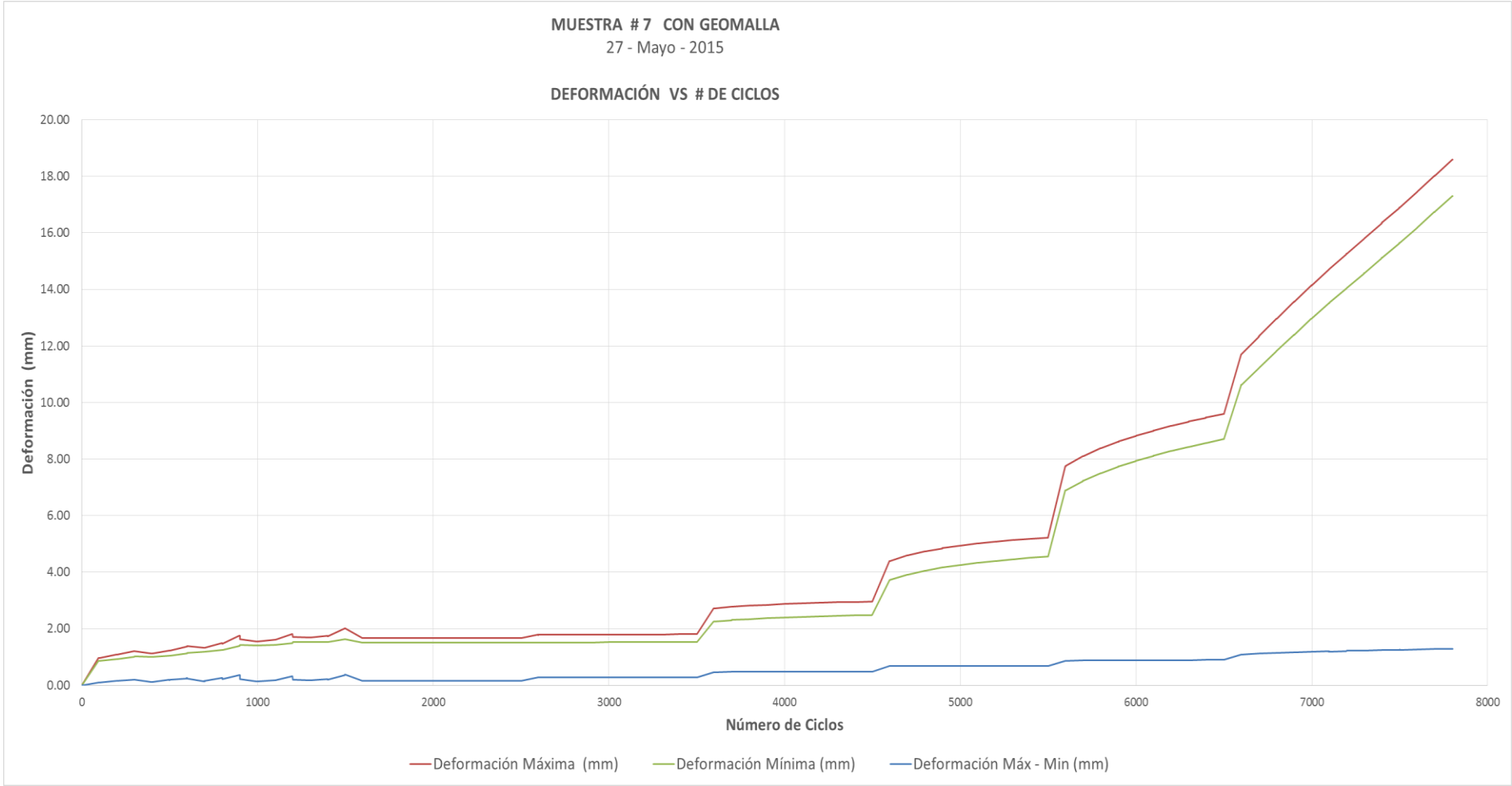
Ver Tabla en Anexo 6-38

Resultados 4-39 de la Deformación Permanente Muestra # 6 Con Geomalla



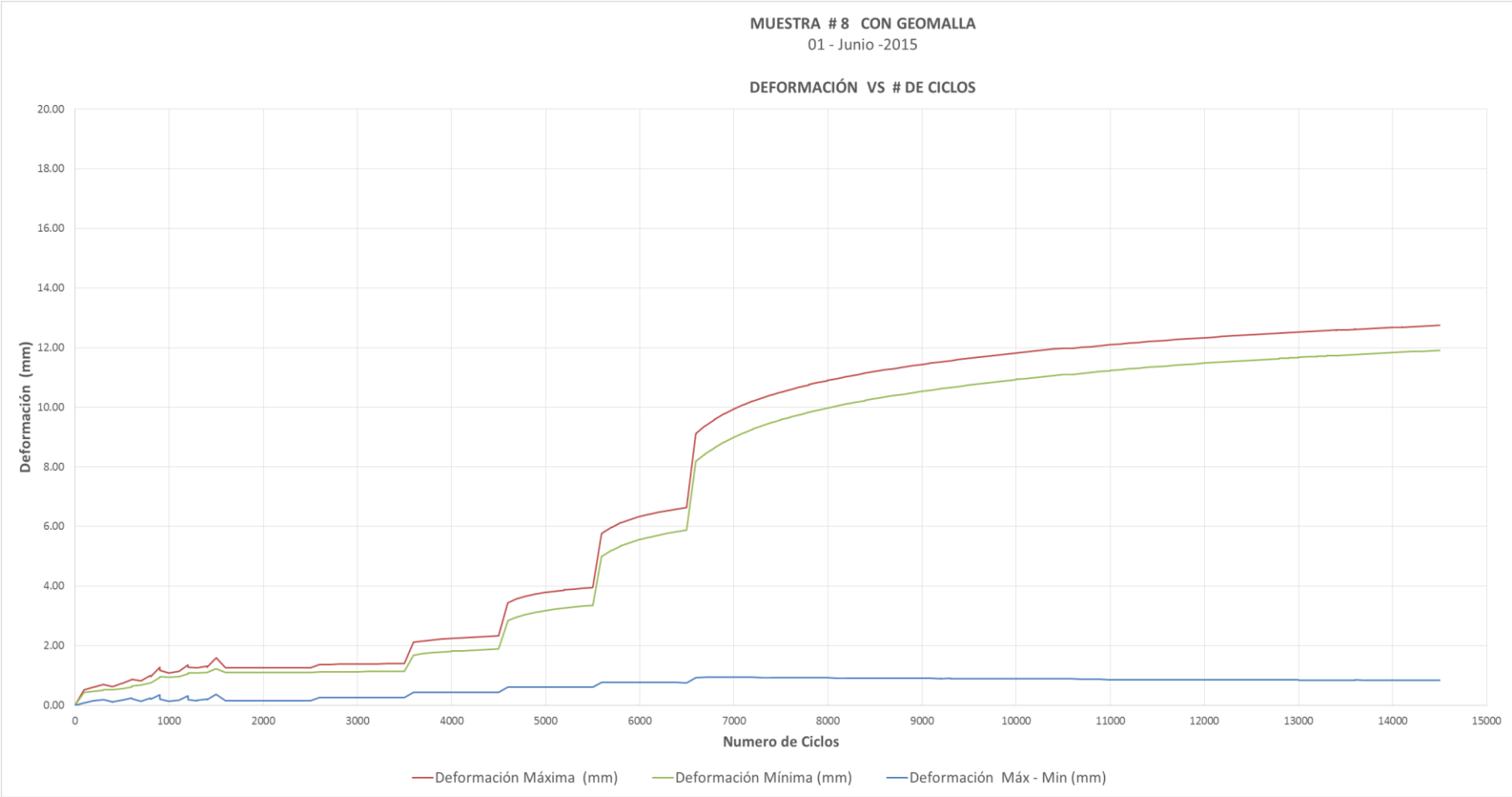
Ver Tabla en Anexo 6-39

Resultados 4-40 de la Deformación Permanente Muestra # 7 Con Geomalla



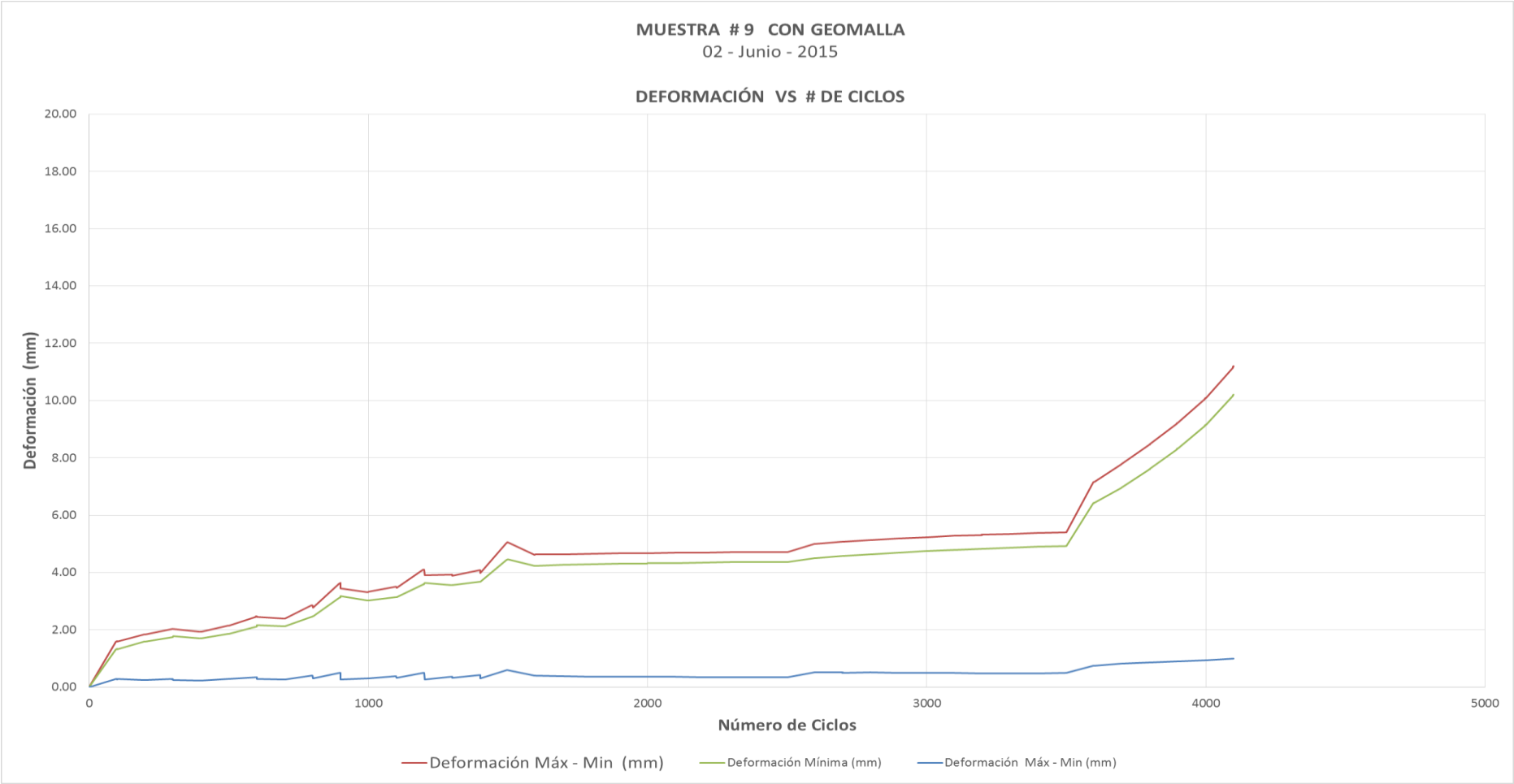
Ver Tabla en Anexo 6-40

Resultados 4-41 de la Deformación Permanente Muestra # 8 Con Geomalla



Ver Tabla en Anexo 6-41

Resultados 4-42 de la Deformación Permanente Muestra # 9 Con Geomalla



Ver Tabla en Anexo 6-42

5. CAPITULO IV
ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

Luego de realizar todos los ensayos al material de Base Granular como son los respectivos a la caracterización del material, ensayo del Módulo Resiliente y Deformación Permanente Sin Geomalla y Con Geomalla se presenta los siguientes resultados.

5.2 Presentación de Resultados

5.2.1 Caracterización de la Base Granular

Para la caracterización del material de Base Granular se realizaron los ensayos de Granulometría, Gravedad Específica, Abrasión, Durabilidad al Ataque de los Sulfatos, Compactación del Material y el California Bearing Ratio (CBR), por lo tanto se realizó el promedio de todos los ensayos, dando como resultado la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Caracterización de la Base Granular

CLASIFICACIÓN DE SUELOS					GRAVEDAD ESPECÍFICA	
TAMIZ N°	SUCS			AASHTO	Agregado Grueso	Agregado Fino
	GW	Grava bien Graduada		A - 1a	Ge = 2.42	Ge = 2.40
	DIÁMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA	Ges = 2.48	Ges = 2.48
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00	Gea = 2.58	Gea = 2.60
1"	25.00	0.00	0.00	100.00	Ab % = 2.50	Ab % = 3.23
3/4"	19.00	861.17	3.35	96.65		
1/2"	12.50	6,332.83	24.96	75.04		
3/8"	9.50	8,715.26	34.36	65.64		
4	4.750	13,628.16	53.75	46.25		
10	2.000	18,029.02	71.19	28.81		
40	0.425	22,224.06	87.68	12.32		
200	0.075	24,183.52	95.33	4.67		

ENSAYO DE ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MÁQUINA DE LOS ANGELES			DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS		
Promedio	Tipo	% Desgaste	Agregado		
	B	25%	Grueso	Fino	
			0.28	3.74	

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)			CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR EN LABORATORIO)		
Promedio	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	% Humedad Óptima	CBR 0.1"		CBR 0.2"
	1.965	5.95	58.50		81.50

5.2.2 Correlación del Módulo Resiliente con el CBR

Luego de obtener de la Tabla 5-1 un valor de CBR igual a 81.5% de la Base Granular en estudio, a éste valor se lo correlaciona con las diferentes metodologías detalladas en la Tabla 2-4 de la Sección 2.4.1 de la presente investigación, dando como resultado lo siguiente.

Tabla 5-2 Resultados de Correlación Modulo Resiliente y CBR

CBR = 81.5

Segun Tabla 2-4

	Relacion	Modulo Resiliente	Referencia
Mr =	10 * CBR	815 MPa	Método de Diseño SHELL
Mr =	38 * CBR ^{0.711}	868 MPa	Cuerpo de Ingenieros de EEUU
Mr =	18 * CBR ^{0.64}	301 MPa	Transport and Road Research Laboratory (TRRL)
Mr =	21 * CBR ^{0.65}	367 MPa	Consejo de Sudrafica
Mr =	6.5 * CBR ^{0.625}	102 MPa	Colombia

5.2.3 Módulo Resiliente Sin Geomalla

Se realizaron 9 ensayos de Módulo Resiliente sin Geomalla a la Base Granular siguiendo la norma AASHTO T-307, se realizó un promedio a todos los ensayos antes mencionados para así tener un valor único, obteniendo como resultado la Tabla 5-3 y sus respectivos gráficos.

Tabla 5-3 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.60	21.57 KPa	22.83	59.33	87.63
Serie 2	21.49		45.49	74.88	109.97
Serie 3	21.63		68.21	89.01	133.10
Serie 4	34.66	34.74 KPa	37.97	86.51	141.95
Serie 5	34.82		75.69	107.17	180.15
Serie 6	34.75		113.32	121.05	217.57
Serie 7	68.16	68.14 KPa	76.09	137.76	280.57
Serie 8	68.10		150.78	157.16	355.09
Serie 9	68.16		225.47	172.28	429.94
Serie 10	102.93	102.97 KPa	76.18	151.85	384.96
Serie 11	102.95		113.38	164.37	422.21
Serie 12	103.05		225.67	192.78	534.83
Serie 13	137.62	137.57 KPa	114.63	183.61	527.48
Serie 14	137.60		151.05	194.26	563.86
Serie 15	137.48		299.91	239.44	712.35

Resultados

$K_1 = 4.444$

$K_2 = 0.6018$

$R^2 = 0.9859$

Grafico 5-1 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla

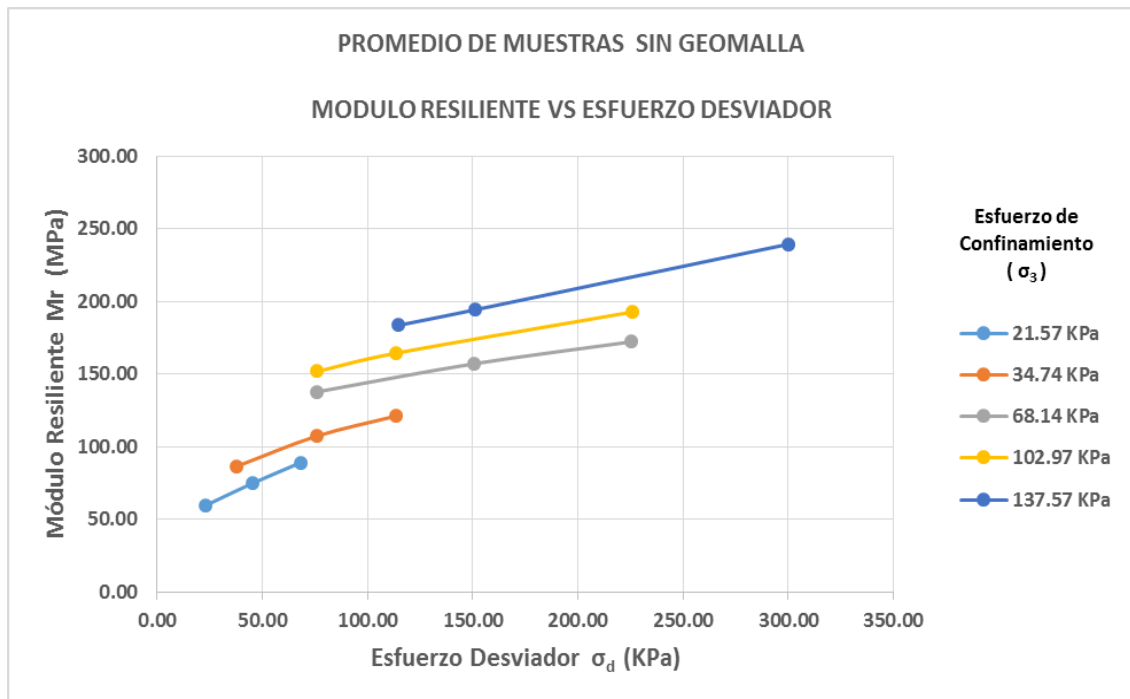
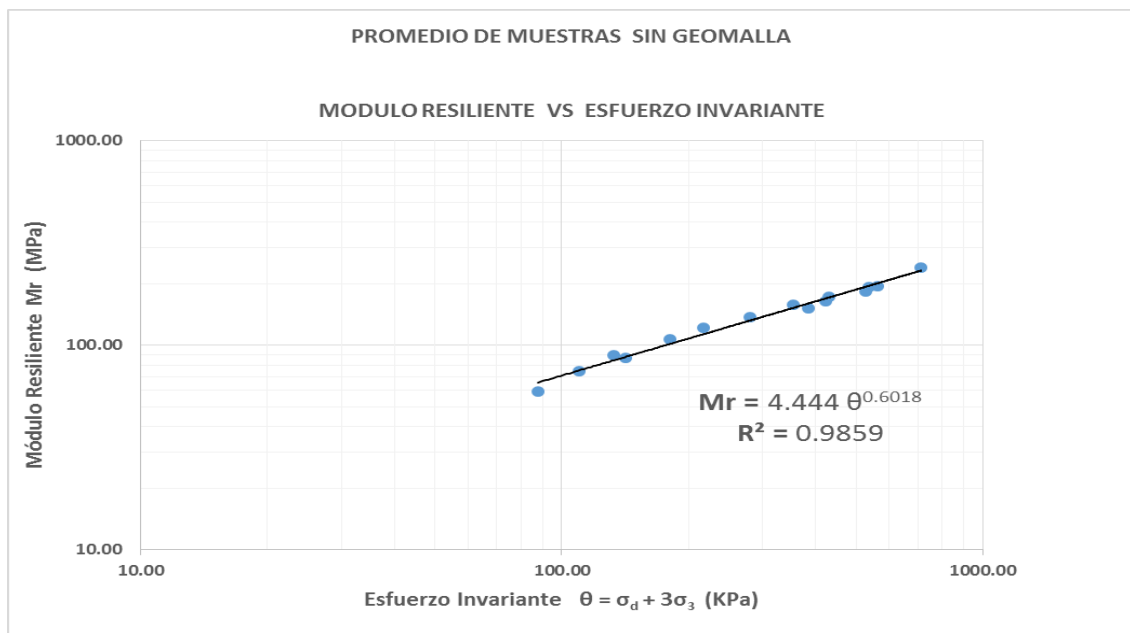


Grafico 5-2 Promedio Modulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Sin Geomalla



5.2.4 Módulo Resiliente Con Geomalla

Se realizaron 9 ensayos de Módulo Resiliente con Geomalla a la Base Granular siguiendo la norma AASHTO T-307, descartando la muestra # 2, por el motivo que después de realizar el ensayo nos dimos cuenta que los LVDTs utilizados en el ensayo estaban atascados dando resultados incoherentes en la deformación y por ende en los valores del Módulo Resiliente, además se descartó las muestras # 5 y # 9 por motivo que las membranas utilizadas para recubrir la muestra en el ensayo estaban fisuradas, entrando aire a la muestra y dando resultados incoherentes.

Por las razones antes mencionadas solo se realizó el promedio a 6 muestras, obteniendo como resultado la tabla 5-4 y sus respectivos gráficos.

Tabla 5-4 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Con Geomalla

Resumen	Esfuerzo de Confinamiento σ_3 (Kpa)		Esfuerzo Desviador σ_d (KPa)	Mr (MPa)	$\theta = \sigma_d + 3\sigma_3$ (KPa)
Serie 1	21.65	21.59 KPa	22.42	62.36	87.37
Serie 2	21.48		44.79	78.03	109.23
Serie 3	21.63		67.32	92.51	132.20
Serie 4	34.74	34.78 KPa	37.44	89.66	141.65
Serie 5	34.77		74.56	110.51	178.86
Serie 6	34.84		111.71	124.77	216.22
Serie 7	68.28	68.2 KPa	74.86	140.63	279.70
Serie 8	68.11		148.66	163.36	352.98
Serie 9	68.20		222.33	176.29	426.94
Serie 10	103.03	103.05 KPa	75.04	154.65	384.12
Serie 11	103.11		111.75	167.74	421.08
Serie 12	103.02		222.48	196.79	531.53
Serie 13	137.56	137.58 KPa	112.70	186.92	525.38
Serie 14	137.60		148.95	197.80	561.75
Serie 15	137.59		295.85	242.67	708.61

Resultados
 $K_1 = 4.9821$
 $K_2 = 0.587$
 $R^2 = 0.9849$

Grafico 5-3 Promedio del Ensayo del Módulo Resiliente Con Geomalla

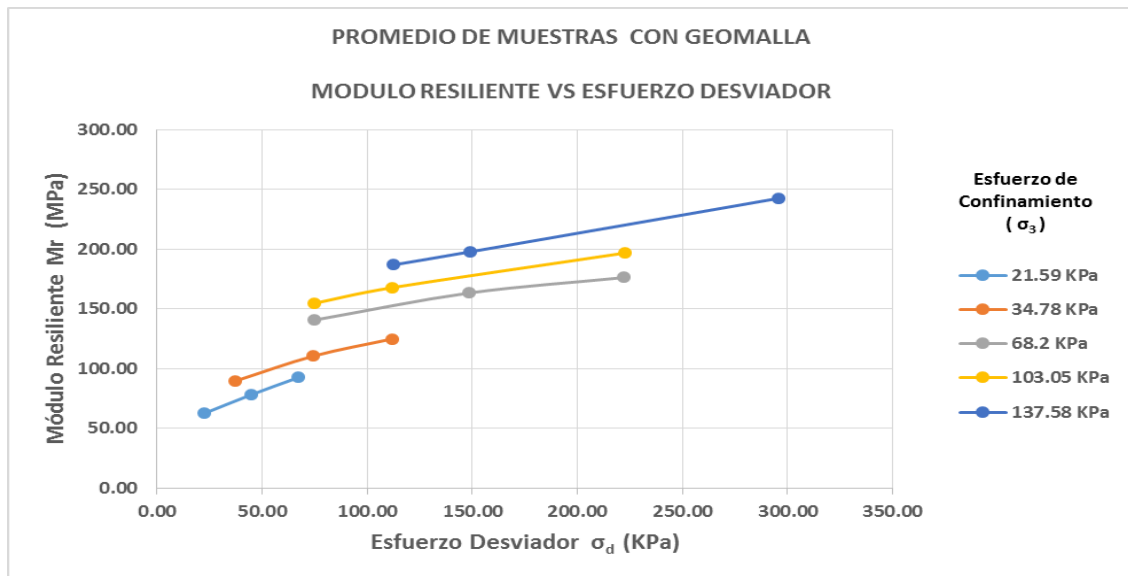
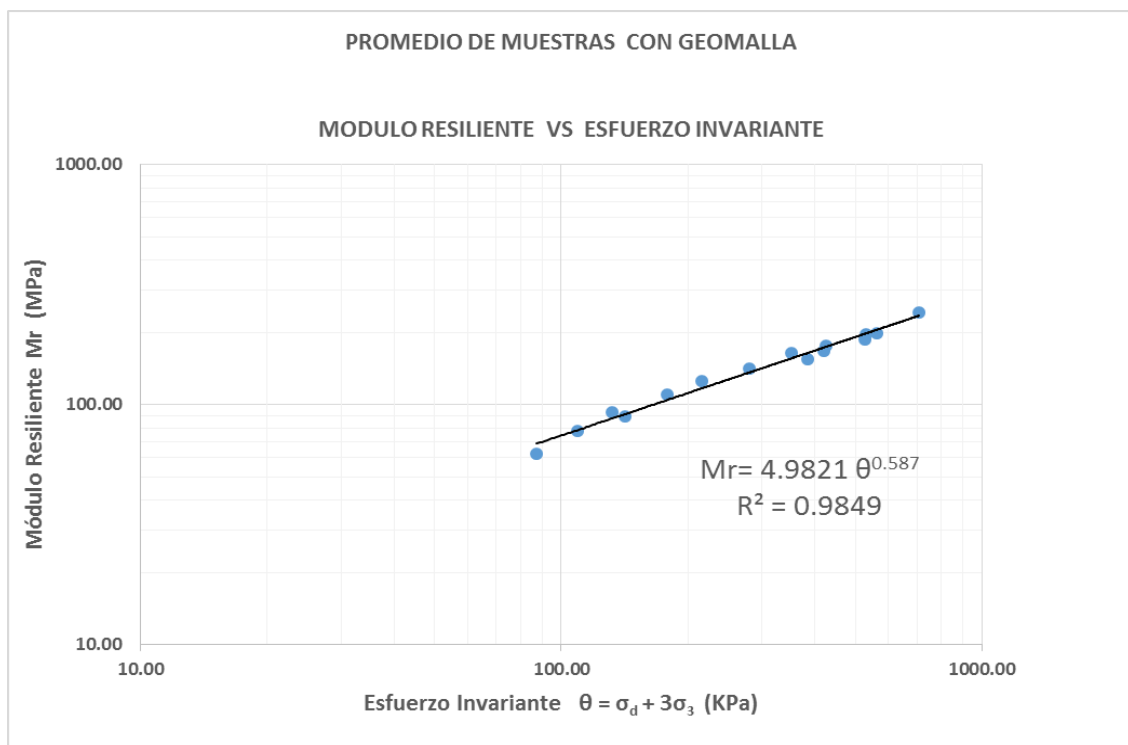


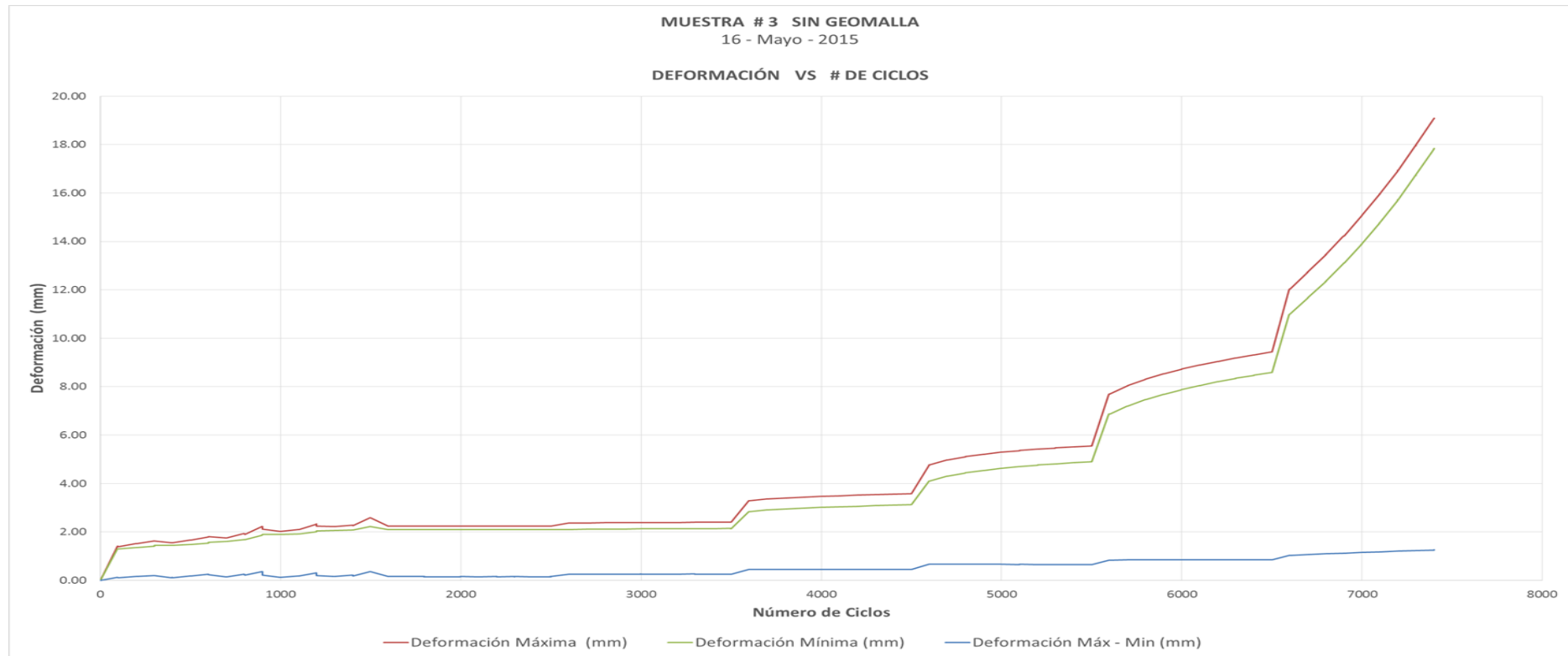
Grafico 5-4 Promedio Modulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Con Geomalla



5.2.5 Deformación Permanente Sin Geomalla

Se realizaron 9 ensayos de Deformación Permanente a la Base Granular siguiendo el NCHRP – 598, a este ensayo por su complejidad en los resultados y su dispersión en los mismos no se pudo realizar un promedio, pero se realiza un análisis de cada muestra y se concluye que la muestra # 3 es el ensayo representativo de los 9 ensayos realizados.

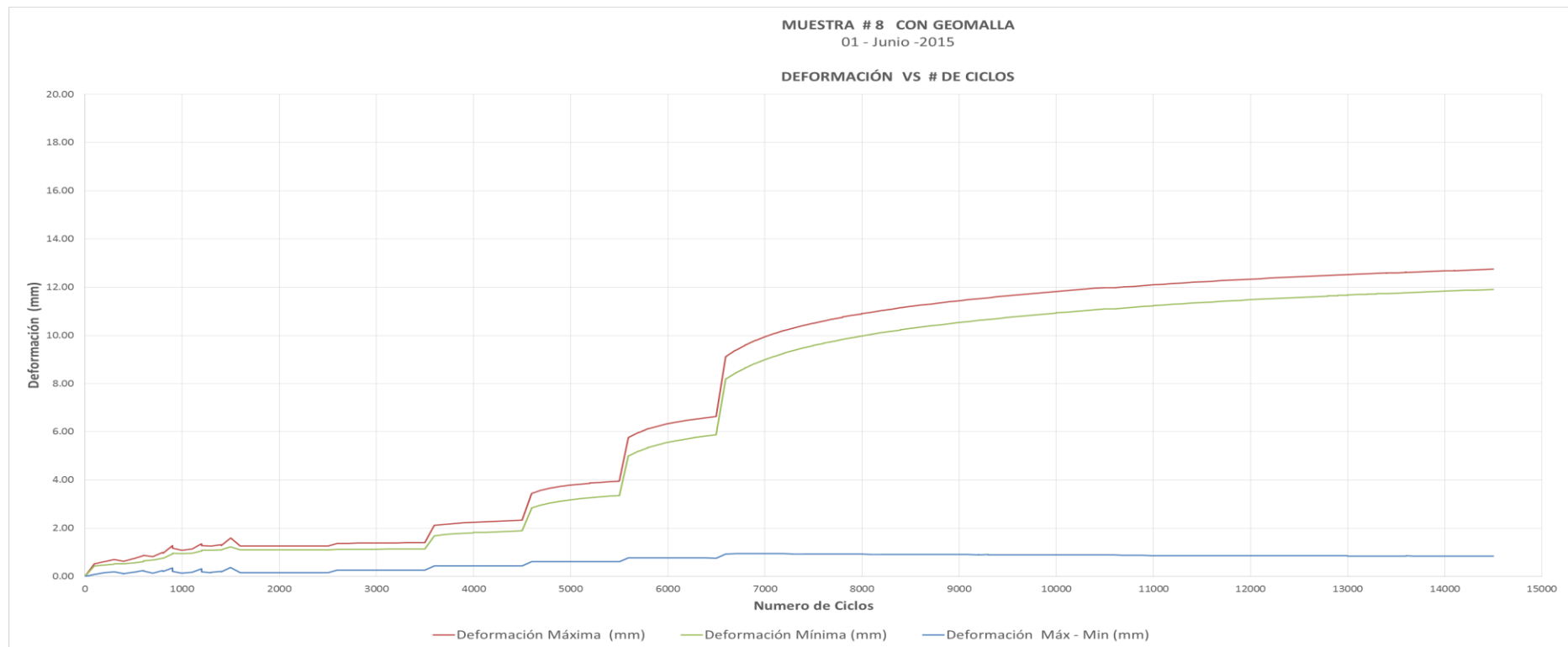
Grafico 5-5 Promedio del Ensayo de Deformación Permanente Sin Geomalla



5.2.6 Deformación Permanente Con Geomalla

De la misma forma, se realizaron 9 ensayos de Deformación Permanente a la Base Granular siguiendo el NCHRP – 598, a este ensayo por su complejidad en los resultados y su dispersión en los mismo no se pudo realizar un promedio, pero se realizó un análisis de cada muestra, descartando las muestras # 2, # 5 y # 9 (por la razones expresadas en la sección 5.2.4) y se concluyó que la muestra # 8 es el ensayo representativo de los 9 ensayos realizados

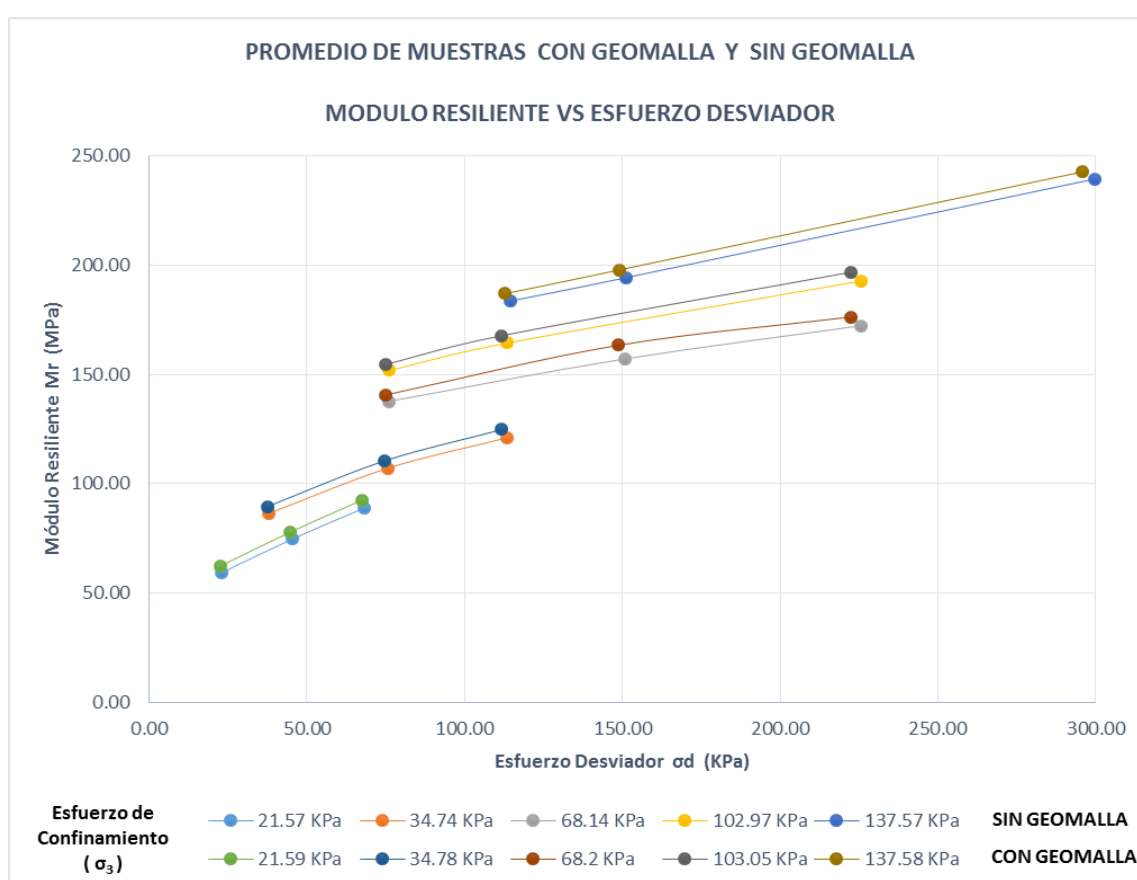
Grafico 5-6 Promedio del Ensayo de Deformación Permanente Con Geomalla



5.3 Comparación de Resultados

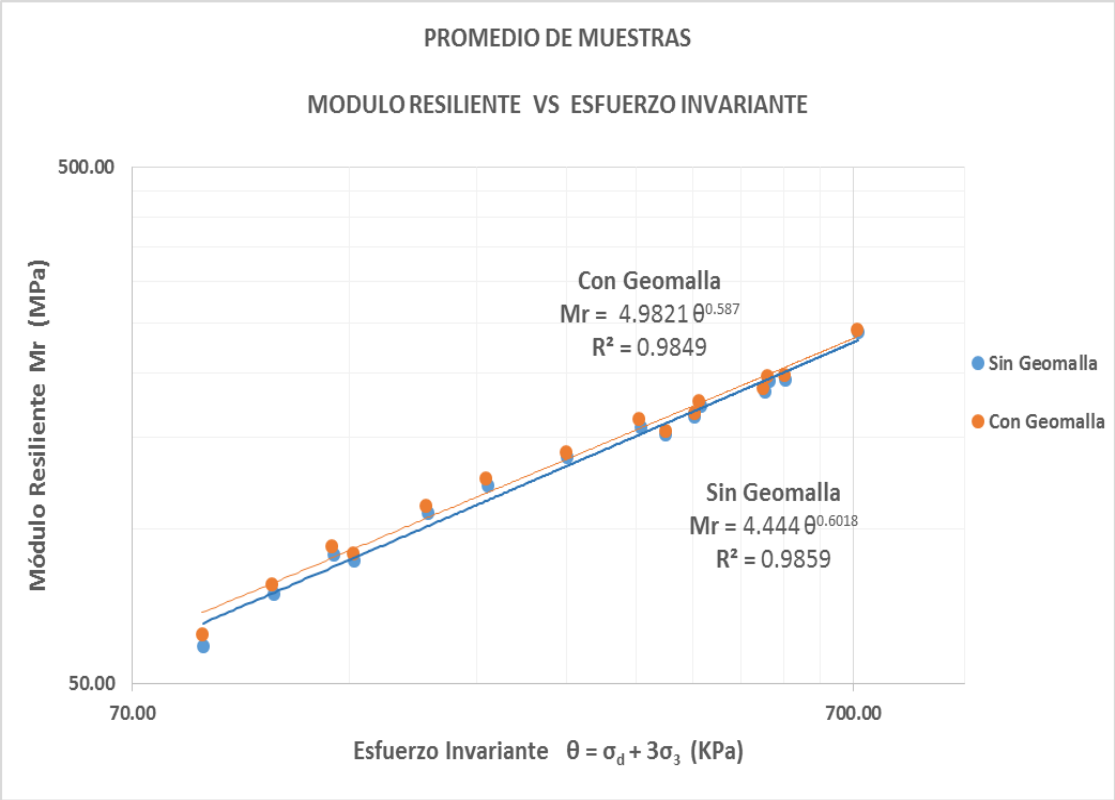
Al comparar las muestras promedios del ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla y Con Geomalla, se tuvo como resultado que al agregar una Geomalla Multidireccional existe un aumento mínimo en los valores del Módulo Resiliente y que este aumento se lo puede despreciar, concluyendo que no existe ninguna influencia de la Geomalla Multidireccional respecto a los Valores del Módulo Resiliente en una Base Granular.

Grafico 5-7 Comparación del Ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla y Con Geomalla



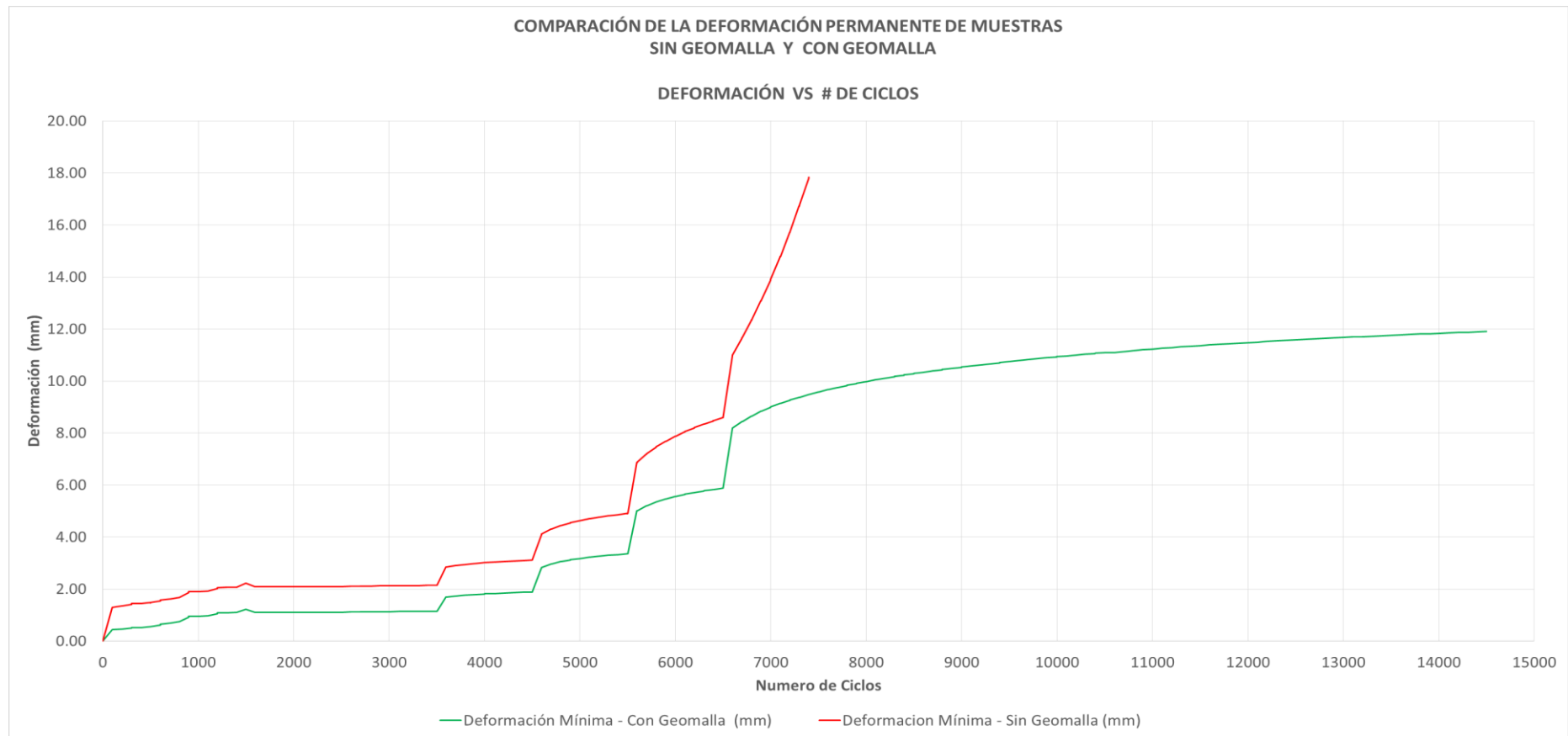
Además podemos observar el Grafico 5-8 la Comparación del Módulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Sin Geomalla y Con Geomalla podemos determinar que el resultado de las ecuaciones son muy parecida por lo que se concluye que la influencia de la Geomalla en el valor del Módulo Resiliente es prácticamente nula.

Grafico 5-8 Comparación de la Curvas Mr vs θ con Geomalla y Sin Geomalla



Al comparar las muestras Sin Geomalla y Con Geomalla del ensayo de la Deformación Permante, se obtiene como resultado que SI existe influencia de la Geomalla en la muestra de la Base Granular, ya que la muestra representativa Sin Geomlla llega a la falla a los 7500 ciclos con una deformación permanente de 18 mm y la muestra representativa Con Geomalla no llega a la falla con 14500 ciclos y una deformación 12 mm.

Grafico 5-9 Comparación del Ensayo de la Deformación Permanente



6. CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos después de realizar los respectivos ensayos al material de BASE GRANULAR muestreada en la cantera de Papallacta - Quito podemos concluir que los objetivos propuestos en la disertación actual se lograron satisfactoriamente por lo tanto podemos decir las siguientes conclusiones.

Con respecto a la Caracterización del Material se concluye lo siguiente:

- De acuerdo a la Granulometría detallada en la Tabla 5-1, el material de Base Granular según la Clasificación S.U.C.S es un material de Grava Bien Graduada GW y según la Clasificación AASHTO es un material correspondiente al Grupo A-1 y Subgrupo A-1-a. Dando como referencia la Tabla 3-3, en la cual se observa la relación entre las dos clasificaciones de suelos y teniendo concordancia con los resultados obtenidos.
- Se obtuvo valores de Gravedad Específica igual a 2.42 para Agregado Grueso y 2.40 para Agregado Fino, Porcentaje de Abrasión del 25%, Durabilidad al Ataque de los Sulfatos para Agregado Grueso 0.28 y para Agregado Fino 3.74, estos valores son los obtenidos de la Tabla 5-1 de la presente investigación
- Además para el material de Base Granular se obtuvo una Densidad Seca Máxima igual 1.965 gr/cm^3 y un Porcentaje de Humedad Óptimo de 5.95 %.
- Por último se obtuvo los porcentajes de CBR para una penetración de 0,1" de 58.50 y para una penetración de 0,2" de 81.50
- Comparando todos los valores antes mencionados de la Base Granular con la Sección 2.2.3.3 Tipos de Base de la actual disertación, se concluye que la Base Granular en estudio se la Clasifica en Base Clase 2 según el MOP.

Con respecto al ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla y Con Geomalla se concluye lo siguiente:

- La respuesta Resiliente de un suelo sea fino o grueso no posee un valor único, ya que varía con el estado de esfuerzos al que es sometido el suelo, por lo que el

Módulo Resiliente es más una Familia de Curvas que un Punto, por el cual el diseñador de pavimentos deberá según el método que utilice saber elegir el Modulo Resiliente del material que ensaye en laboratorio para lograr un optimo diseño de una estructura de pavimento.

- Para el Material de Base Granular que se utilizó en este estudio, se observa tanto la muestra Sin agregar Geomalla Grafica 5-1 y en la muestra agregando Geomalla Grafico 5-3, como a mayor Esfuerzo de Confinamiento σ_3 y mayor Esfuerzo Desviador σ_d se tiene un mayor Modulo Resiliente.
- Además el Gráfico 5-7 el cual compara el ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla y Con Geomalla Multidireccional, se observa que existe un aumento mínimo en los valores del Módulo Resiliente y que este aumento se lo puede despreciar, concluyendo que NO existe ninguna influencia de la Geomalla Multidireccional respecto a los Valores del Módulo Resiliente en la Base Granular estudiada.
- También podemos observar en el Grafico 5-8 la Comparación Modulo Resiliente vs Esfuerzo Invariante Sin Geomalla y Con Geomalla, se determina que el resultado de los valores de K_1 y K_2 como la regresión son muy parecidas por lo que se concluye que la influencia de la Geomalla en el valor del Módulo Resiliente es prácticamente nula.
- Al correlacionar el Valor del CBR con los diferentes modelos Matemáticos expresadas en la Tabla 2-4 de la presente disertación podemos observar los resultados en la Tabla 5-2 que los valores del Módulo Resiliente oscilan desde 102 MPa hasta 868 MPa dependiendo el modelo matemático, siendo el valor de 301 MPa de la ecuación del Laboratorio de Investigación de Caminos y Transporte de EE UU el valor más cercano al valor máximo de 240 MPa obtenido del ensayo del Módulo Resiliente Sin Geomalla realizado en la presente disertación.

- Se observa que el resultado de la correlación del ensayo de CBR con el ensayo del Módulo Resiliente es mayor al obtenido en Laboratorio, por esta razón es la importancia de realizar el Ensayo del Módulo Resiliente en Laboratorio ya que así logramos no sobredimensionar el Valor del Módulo Resiliente y por ende esto se reflejará en el diseño de la estructura del pavimento

Además por lo antes mencionado se concluye que al usar las correlaciones expresadas en la Tabla 2-4 del CBR para hallar un valor de Modulo Resiliente de una material se torna dificultoso por varios motivos como por ejemplo:

- 1) Tener diferentes modelos matemáticos y no saber cuál utilizar para obtener un valor de Modulo Resiliente.
- 2) Cada modelo matemático realizó investigaciones con materiales propios de la zona de investigación.

Con respecto al ensayo de la Deformación Permanente Sin Geomalla y Con Geomalla se concluye lo siguiente:

Después de realizar los 9 ensayos de Deformación Permanente a la Base Granular sin agregar la Geomalla Multidireccional siguiendo la recomendación de NCHRP – 598, y de elegir la muestra representativa que se observa en el Grafico 5-5 se tiene que el material de Base Granular con un esfuerzo cíclico de 689.5 Kpa falla aproximadamente en el ciclo 7500 con una Deformación Máxima de 19 mm aproximadamente y una Deformación Mínima de 18 mm aproximadamente. Claramente se observa que al cambiar el esfuerzo cíclico de 551.6 kPa a 689.5 kPa la deformación aumenta considerablemente hasta llegar a la falla de la muestra.

Y de la misma forma, después de realizar los 9 ensayos de Deformación Permanente a la Base Granular agregando la Geomalla Multidireccional siguiendo la recomendación de NCHRP – 598, y eligiendo la muestra representativa que se observa en el Grafico 5-6 podemos observar que el material de Base Granular con un esfuerzo 689.5 cíclico nunca falla teniendo una Deformación Máxima de 13 mm aproximadamente y una Deformación Mínima de 12 mm aproximadamente, claramente se observa que al cambiar el esfuerzo cíclico de 551.6 Kpa a 689.5 Kpa la deformación aumenta poco al aumentar el número de ciclos.

Por lo expresado en los dos párrafos anteriores y observando el Grafico 5-9 correspondiente a la comparación del ensayo de la Deformación Permanente, se puede concluir que la Geomalla Multiaxial SI actúa positivamente sobre el material de Base Granular estudiado. Se observa en el gráfico antes mencionado como existe desde el principio del ensayo una notable injerencia de la Geomalla sobre el material Granular ayudándole a éste que la deformación sea menor para luego lograr que la muestra no falle a pesar de tener un número de ciclos considerable.

Por lo tanto el aporte de la Geomalla Multiaxial en la muestra de Base Granular se refleja en el aumento de la rigidez del mismo, lo que conlleva a una disminución de la deformación a largo plazo, además de aumentar la resistencia a la fatiga del material.

6.2 Recomendaciones

Luego de obtener resultados positivos del aporte de la Geomalla Multiaxial sobre material de Base Granular, recomendamos lo siguiente:

- Realizar más investigación sobre el aporte o no de la Geomalla Multiaxial utilizando el equipo Triaxial pero usando otro tipo de material como subbase o suelos finos de subrasante.
- Además investigar en tramos de prueba de alguna carretera y comprobar en campo la injerencia o no de la Geomalla Multiaxial en una estructura de pavimento.
- Comparar los diferentes tipos de Geomallas que existen en el mercado utilizados en el campo vial para ver cual tiene una mayor influencia sobre algún material estudiado.
- Demostrar alguna correlación entre el ensayo del Módulo Resiliente con el ensayo de CBR pero utilizando materiales propios del Ecuador.

6.3 Bibliografía

- ACUÑA, M. J. (2009, Abril). Implementación del Ensayo de Módulo Resiliente en Bases Granulares para Pavimentos. Costa Rica.
- ALMEIDA Javier - SANCHEZ Andrés. (2011). Estabilizacion de suelos con el uso de Emulsiones Asfálticas Cationicas de Rotura Lenta. Caso de estudio Via LAS Mercedes - Puerto Nuevo, Provincia de Santo Domingo de los TsachilasLOS TSACHILAS. Quito, Ecuador.
- ALVAREZ, J. (n.d.). Estabilización de Subrasantes. Bogota, Colombia: Instituto Colombiano de Productores de Cemento.
- GARNICA Paul, GOMEZ Jose, PEREZ Alfonso, CHAVEZ Julio. (2004). Modulo de Resilencia de Agregados Provenientes de Rocas Altamente Intemperizadas. Sanfandila, Queretano.
- GARNICA Paul, GOMEZ Jose, SESMA Jesus. (2002). Mecanica de Materiales de Pavimentos. Mexico.
- Gonzalez, J. L. (2014). TESIS "Catalogo de Modulos de Resilencia para suelos Finos". Mexico.
- Instituto Mexicano del Transporte. (2000). Modulo de Resilencia en Suelos Finos Y Materiales Granulares. Mexico.
- KOERNER, R. (1993). Designing with Geosynthetics. 328 - 335.
- LEAL, M. H. (2010). Tesis "Relación entre el Modulo Resiliente hallado por Retrocalculo y el Encontrado en Ensayos de Laboratorio". 23 - 25.
- MONTEJO, A. (2008). *Ingenieria de Pavimentos, Tomo I*. Bogotá.
- MOP. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes Mop-001-F-2002. Capitulo 400, Pagina IV 40 - IV-53.
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). (2008). Ensayo Triaxial de Carga Repetida.
- Norma AASHTO T-307. (2007). Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials.
- Paul Garnica, Jose Gomez, Alfonso Perez, Julio Chavez. (2004). Modulos de Resilencia de Agregados Provenientes de Rocas Altamente Intemperizadas. Sanfandila, Queretano.
- PAVCO. (2006). Manual de Diseño de Geosintéticos. 3 - 131.

- Perez, S. C. (2008). Puesta a Punto de un Equipo Triaxial Ciclico para Módulo de Resilencia. Morelia, Mexico.
- QUIMIS, T. S. (2015). Tesis "Análisis superficial de fallas en el pavimento flexible de las calles Victor Manuel Rendón entre Noboa y Amazonas". Jipijapa, Manabí, Ecuador.
- RONDON Hugo, REYES Freddy. (2007). Comportamiento de Mateiales Granulares en Pavimentos Flexibles. Colombia.
- RONDON Hugo, REYES Freddy. (2007). Metodologías de Diseño de Pavimentos Flexibles, Tendencias, Alcances y Limitaciones. 42 - 53.
- RONDON Hugo, REYES Freddy. (2009). Deformación Permanente de Materiales Granulares en Pavimentos Flexibles. 73 - 85.
- SALVADOR, J. (2012). Apuntes de Clases de Maestria de Ingeniería Vial. Quito, Ecuador.
- TENSAR CORPORATION. (2008). Propiedades y Ventajas en el desempeño de Geomallas.

6.4 Anexos

Anexo 6-1 Ensayo de Clasificación de la Base Granular (SUCS y AASHTO)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez

FECHA: 27-may-14

LOCALIZACIÓN: Quito

CANTERA: Papallacta

NORMA: ASTM 2484

MUESTRA # 1

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	Pcap.	% Humedad	Promedio
938.42	907.12	264.16	4.87	4.96
959.49	925.62	255.85	5.06	

2.- LÍMITE PLÁSTICO

SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LIQUIDO

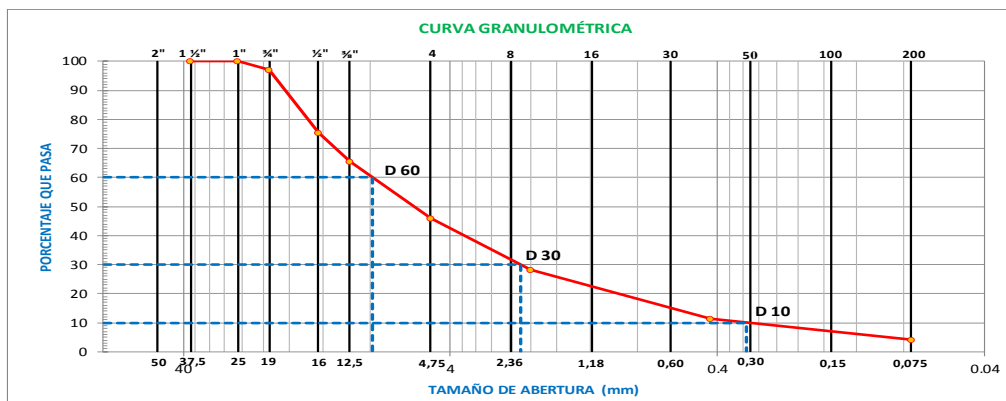
SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO Suelo Húmedo (gr.): 25314.13

PESO Suelo Seco (gr.): 24117.30

TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	703.70	2.92	97.08
1/2"	12.50	5890.40	24.42	75.58
3/8"	9.50	8295.00	34.39	65.61
4	4.750	13008.20	53.94	46.06
10	2.000	17303.40	71.75	28.25
40	0.425	21348.37	88.52	11.48
200	0.075	23107.65	95.81	4.19



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

% Humedad : 5
D 60 : 7.80
D 30 : 2.17
D 10 : 0.31

GRANULOMETRIA
% Grava : 54
% Arena : 42
% Finos : 4

CLASIFICACIÓN SUCS : **GW**

Coefficiente de Uniformidad (Cu) : 25.16

Coefficiente de Curvatura (Cc) : 1.95

NOMBRE TÍPICO : Grava Bien Graduada

CLASIFICACIÓN AASHTO:

A - 1a

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez

FECHA: 27-may-14

LOCALIZACIÓN: Quito

CANTERA: Papallacta

NORMA: ASTM 2484

MUESTRA # 2

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	Pcap.	% Humedad	Promedio
945.80	912.23	266.40	5.20	5.29
961.71	925.44	251.80	5.38	

2.- LÍMITE PLÁSTICO

SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LIQUIDO

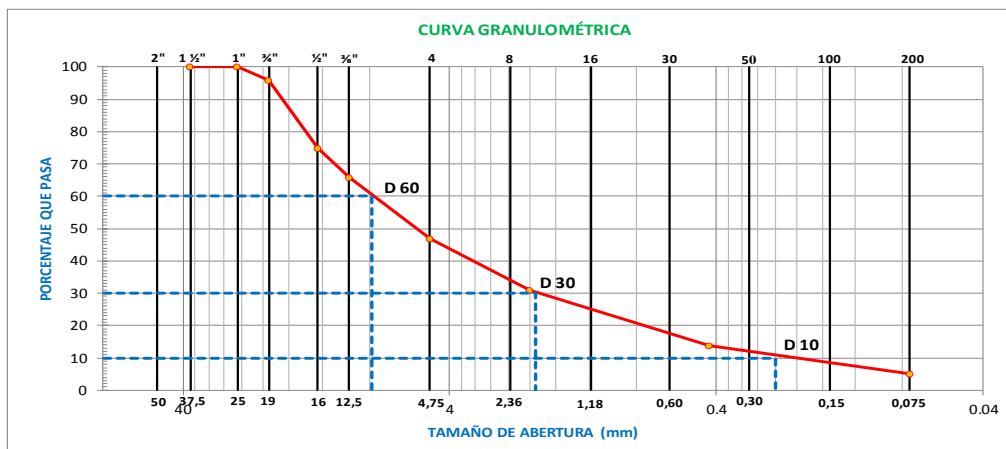
SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO Suelo Húmedo (gr.): 29665.11

PESO Suelo Seco (gr.): 28174.38

TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	1174.40	4.17	95.83
1/2"	12.50	7064.48	25.07	74.93
3/8"	9.50	9644.38	34.23	65.77
4	4.750	14983.18	53.18	46.82
10	2.000	19427.06	68.95	31.05
40	0.425	24268.07	86.14	13.86
200	0.075	26780.24	95.05	4.95



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

% Humedad : 5

D 60 : 7.80

D 30 : 1.90

D 10 : 0.24

GRANULOMETRIA

% Grava : 53

% Arena : 42

% Finos : 5

CLASIFICACIÓN SUCS : GW

Coefficiente de Uniformidad (Cu) : 32.50

Coefficiente de Curvatura (Cc) : 1.93

NOMBRE TÍPICO : Grava Bien
Graduada

CLASIFICACIÓN AASHTO: A - 1a

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Quito
CANTERA: Papallacta

FECHA: 27-may-14

NORMA: ASTM 2484

MUESTRA # 3

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	Pcap.	% Humedad	Promedio
910.52	878.56	272.80	5.28	5.18
960.41	927.56	281.64	5.09	

2.- LÍMITE PLÁSTICO

SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LIQUIDO

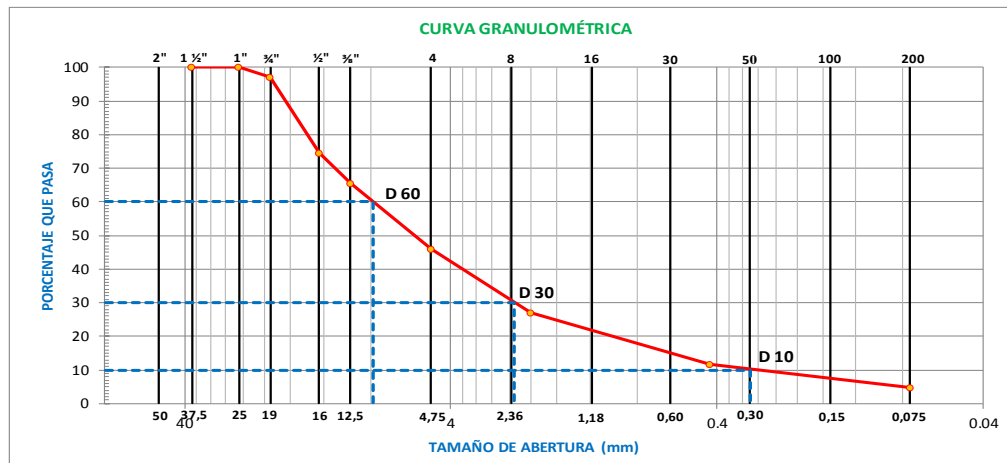
SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PESO Suelo Húmedo (gr.): 25054.61

PESO Suelo Seco (gr.): 23820.50

TAMIZ N°	DÍAMETRO (mm)	PESO RET. ACUM.	% RETENIDO	% QUE PASA
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	705.40	2.96	97.04
1/2"	12.50	6043.60	25.37	74.63
3/8"	9.50	8206.40	34.45	65.55
4	4.750	12893.10	54.13	45.87
10	2.000	17356.58	72.86	27.14
40	0.425	21055.73	88.39	11.61
200	0.075	22662.67	95.14	4.86



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

% Humedad : 5

D 60 : 7.80

D 30 : 2.30

D 10 : 0.30

GRANULOMETRIA

% Grava : 54

% Arena : 41

% Finos : 5

CLASIFICACIÓN SUCS : GW

Coefficiente de Uniformidad (Cu) : 26.00

Coefficiente de Curvatura (Cc) : 2.26

NOMBRE TÍPICO : Grava Bien Graduada

CLASIFICACIÓN AASHTO:

A - 1a

Anexo 6-2 Ensayo de Gravedad Específica y Absorción (ASTM C-127)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : Tesis Fausto Miranda - Andres Sánchez

FECHA : 22-may-14

LOCALIZACIÓN : Quito

CANTERA : Papallacta

NORMA ENSAYO : ASTM C 127

$$\text{Gravedad Específica Seca (Ge)} = A / (B - C)$$

$$\text{Gravedad Específica Saturada con Superficie Seca (Ges)} = B / (B - C)$$

$$\text{Gravedad Específica Aparente (Gea)} = A / (A - C)$$

$$\text{Porcentaje de Absorción (Ab)} = (S - A) / A$$

MASA DE LA MUESTRA SECA **A =** 2681.00 gr

MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA **B =** 2748.00 gr

MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA **C =** 1641.00 gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA **Ge =** 2.42

GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA **Ges =** 2.48

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE **Gea =** 2.58

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN **Ab =** 2.50 %

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

PROYECTO : Tesis Fausto Miranda - Andres Sánchez

FECHA : 22-may-14

LOCALIZACIÓN : Quito

CANTERA : Papallacta

NORMA ENSAYO : ASTM C 128

$$\text{Gravedad Específica Seca (Ge)} = A / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad Específica Saturada con Superficie Seca (Ges)} = S / (B + S - C)$$

$$\text{Gravedad Específica Aparente (Gea)} = A / (B + A - C)$$

$$\text{Porcentaje de Absorción (Ab)} = (S - A) / A$$

MASA DEL MATRAZ **Mm =** 152.30 gr

MASA DEL MATRAZ + AGUA **B =** 652.30 gr

MASA CONJUNTO MATRAZ, AGUA Y MUESTRA **C =** 951.60 gr

MASA DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA **S =** 501.90 gr

MASA DE LA MUESTRA SECA **A =** 486.20 gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA **Ge =** 2.40

GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA **Ges =** 2.48

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE **Gea =** 2.60

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN **Ab =** 3.23 %

Anexo 6-3 Abrasión (ASTM C-128)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES

PROYECTO:	Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez	FECHA:	23-may-14
LOCALIZACIÓN:	Quito	MASA DE LA MUESTRA:	5003.30 gr
CANTERA:	Papallacta		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 128		

MUESTRA # 1

$$D = (C / A) * 100$$

$$C = (A - B)$$

TIPO DE GRADACION: B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA A= 5003.30 gr.

MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12
DESPUES DE 500 REVOLUCIONES B= 3786.00 gr

MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12 C= 1217.30 gr

PORCENTAJE DE DESGASTE D= 24 %

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES

PROYECTO:	Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez	FECHA:	23-may-14
LOCALIZACIÓN:	Quito	MASA DE LA MUESTRA:	5001.70 gr
CANTERA:	Papallacta		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 128		

MUESTRA # 2

$$D = (C / A) * 100$$

$$C = (A - B)$$

TIPO DE GRADACION: B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA A= 5001.70 gr.

**MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12
DESPUES DE 500 REVOLUCIONES** B= 3760.00 gr

MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12 C= 1241.70 gr

PORCENTAJE DE DESGASTE D= 25 %

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES

PROYECTO:	Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez	FECHA:	23-may-14
LOCALIZACIÓN:	Quito	MASA DE LA MUESTRA:	5002.40 gr
CANTERA:	Papallacta		
NORMA ENSAYO:	ASTM C 128		

MUESTRA # 3

$$D = (C / A) * 100$$

$$C = (A - B)$$

TIPO DE GRADACION: B

MASA INICIAL DE LA MUESTRA A= 5002.4 gr.

**MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12
DESPUES DE 500 REVOLUCIONES** B= 3775.2 gr

MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12 C= 1227.2 gr

PORCENTAJE DE DESGASTE D= 25 %

Anexo 6-4 Ensayo de Durabilidad de los Agregados a la Acción de los Sulfatos (ASTM C-136)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

GRANULOMETRÍA POR MALLAS PARA SULFATOS

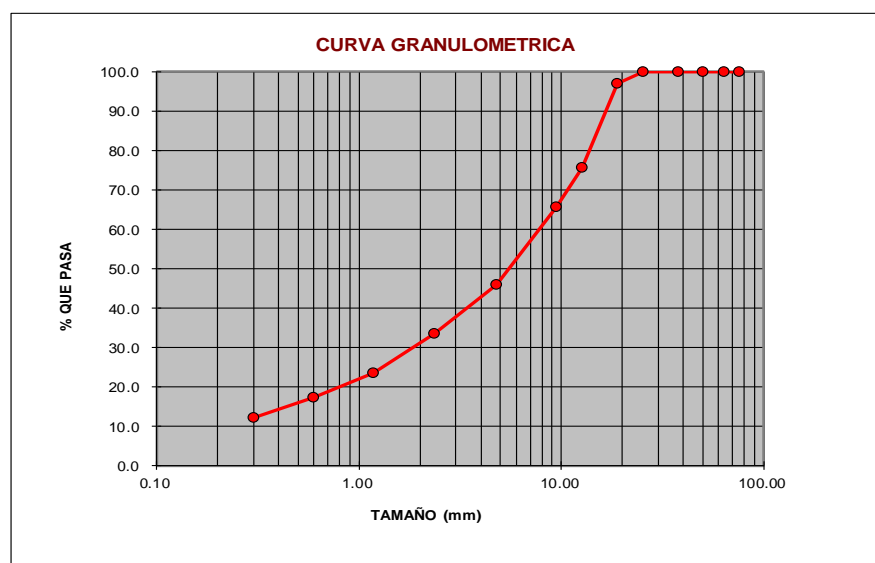
PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Quito
CANTERA: Papallacta

FECHA: 26-may-14

NORMA ENSAYO: ASTM C 136

MUESTRA # 1

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	64.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.40	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	0.00
3/4"	19.00	703.7	703.7	2.92	97.08	2.92
1/2"	12.70	5186.7	5890.4	24.42	75.58	21.51
3/8"	9.51	2404.6	8295.0	34.39	65.61	9.97
No.4	4.76	4713.2	13008.2	53.94	46.06	19.54
No.8	2.36	3008.9	16017.1	66.41	33.59	27.08
No.16	1.18	2443.4	18460.5	76.54	23.46	21.99
No.30	0.60	1476.5	19937.1	82.67	17.33	13.29
No.50	0.30	1247.7	21184.7	87.84	12.16	11.23
P A S A No 50		2932.6	2932.6			
SUMA:		24117.3	24117.3			



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez

FECHA: 30-may-14

LOCALIZACIÓN: Quito

CANtera: Papallacta

NORMA ENSAYO: ASTM C 88

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

MUESTRA # 1

AGREGADO GRUESO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1 1/2"	1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1"	3/4"	2.92	500.14	498.93	0.24	0.01
3	3/4"	1/2"	21.51	673.19	670.62	0.38	0.08
4	1/2"	3/8"	9.97	331.38	329.96	0.43	0.04
5	3/8"	Nº 4	19.54	300.18	297.58	0.87	0.17
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							0.30

AGREGADO FINO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	Nº 4	Nº 8	27.08	100.06	96.98	3.08	0.83
2	Nº 8	Nº 16	21.99	100.00	91.47	8.53	1.88
3	Nº 16	Nº 30	13.29	100.02	96.46	3.56	0.47
4	Nº 30	Nº 50	11.23	100.04	98.69	1.35	0.15
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							3.33

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

GRANULOMETRÍA POR MALLAS PARA SULFATOS

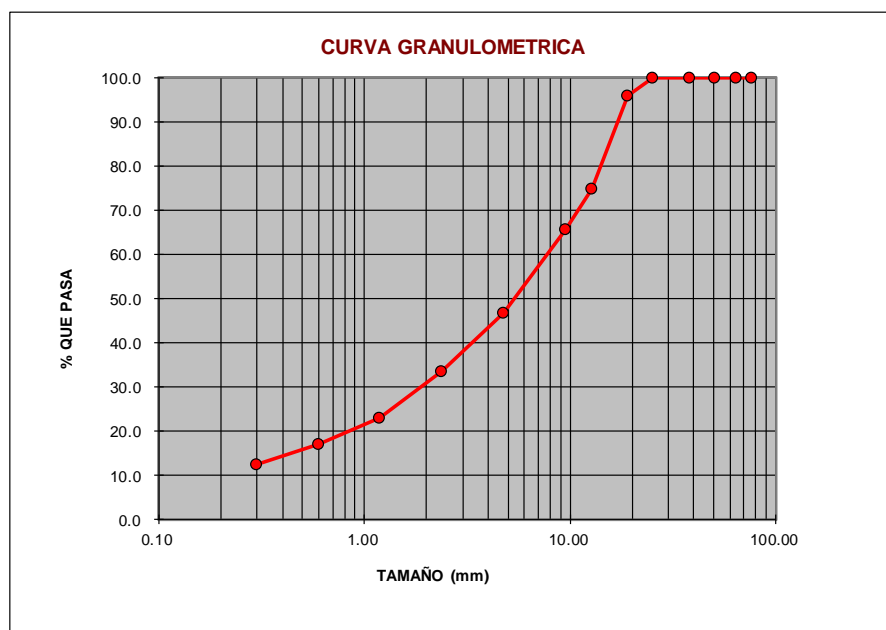
PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Quito
CANTERA: Papallacta

FECHA: 26-may-14

NORMA ENSAYO: ASTM C 136

MUESTRA # 2

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	64.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.40	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	0.00
3/4"	19.00	1174.4	1174.4	4.2	95.8	4.17
1/2"	12.70	5890.1	7064.5	25.1	74.9	20.91
3/8"	9.51	2579.9	9644.4	34.2	65.8	9.16
No.4	4.76	5338.8	14983.2	53.2	46.8	18.95
No.8	2.36	3707.6	18690.8	66.3	33.7	28.11
No.16	1.18	2988.8	21679.6	76.9	23.1	22.66
No.30	0.60	1685.7	23365.4	82.9	17.1	12.78
No.50	0.30	1321.2	24686.5	87.6	12.4	10.02
P A S A No 50		3487.8	3487.8			
SUMA:		28174.4	28174.4			



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez

FECHA: 30-may-14

LOCALIZACIÓN: Quito

CANtera: Papallacta

NORMA ENSAYO: ASTM C 88

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

MUESTRA # 2

AGREGADO GRUESO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1 1/2"	1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1"	3/4"	4.17	505.31	502.31	0.59	0.02
3	3/4"	1/2"	20.91	672.20	671.02	0.18	0.04
4	1/2"	3/8"	9.16	331.23	329.52	0.52	0.05
5	3/8"	Nº 4	18.95	301.45	300.15	0.43	0.08
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							0.19

AGREGADO FINO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	Nº 4	Nº 8	28.11	100.07	96.92	3.15	0.88
2	Nº 8	Nº 16	22.66	100.09	89.36	10.72	2.43
3	Nº 16	Nº 30	12.78	100.05	96.41	3.64	0.46
4	Nº 30	Nº 50	10.02	100.00	99.10	0.90	0.09
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							3.87

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

GRANULOMETRÍA POR MALLAS PARA SULFATOS

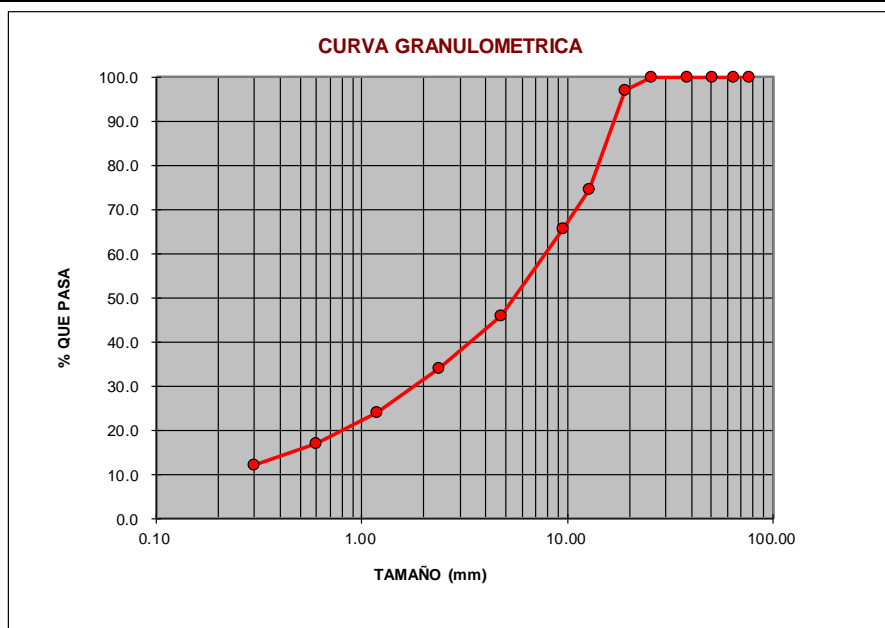
PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Quito
CANTERA: Papallacta

FECHA: 26-may-14

NORMA ENSAYO: ASTM C 136

MUESTRA # 3

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	
2 1/2"	64.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.40	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	0.00
3/4"	19.00	705.4	705.4	3.0	97.0	2.96
1/2"	12.70	5338.2	6043.6	25.4	74.6	22.41
3/8"	9.51	2162.8	8206.4	34.5	65.5	9.08
No.4	4.76	4686.7	12893.1	54.1	45.9	19.68
No.8	2.36	2833.8	15726.9	66.0	34.0	25.93
No.16	1.18	2339.5	18066.4	75.8	24.2	21.41
No.30	0.60	1692.9	19759.3	83.0	17.0	15.49
No.50	0.30	1182.1	20941.4	87.9	12.1	10.82
P A S A No 50		2879.1	2879.1			
SUMA:		23820.5	23820.5			



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez

FECHA: 30-may-14

LOCALIZACIÓN: Quito

CANtera: Papallacta

NORMA ENSAYO: ASTM C 88

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

MUESTRA # 3

AGREGADO GRUESO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	1 1/2"	1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1"	3/4"	2.96	501.63	499.38	0.45	0.01
3	3/4"	1/2"	22.41	672.64	670.88	0.26	0.06
4	1/2"	3/8"	9.08	330.57	327.44	0.95	0.09
5	3/8"	Nº 4	19.68	300.24	297.13	1.04	0.20
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							0.36

AGREGADO FINO

FRACCION Nº	Nº DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1	Nº 4	Nº 8	25.93	100.00	96.20	3.80	0.99
2	Nº 8	Nº 16	21.41	100.00	89.62	10.38	2.22
3	Nº 16	Nº 30	15.49	100.00	95.64	4.36	0.68
4	Nº 30	Nº 50	10.82	100.00	98.86	1.14	0.12
PORCENTAJE DE DESGASTE TOTAL							4.01

Anexo 6-5 Ensayo de Compactación (Proctor Modificado ASTM D-1557)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sanchez

CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 02-jun-14

NORMA : ASTM D - 1557

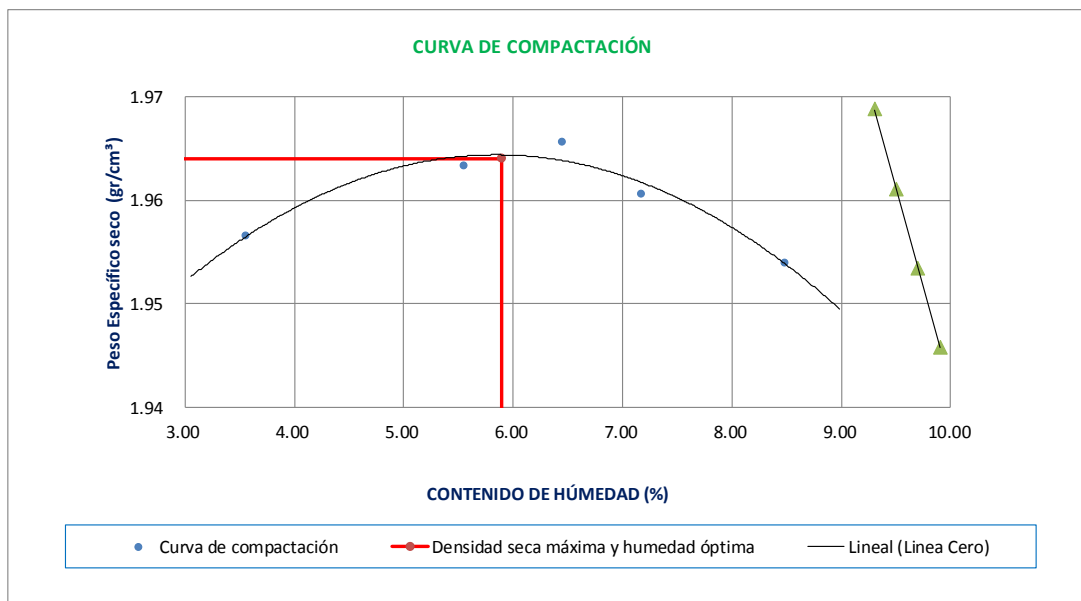
MUESTRA # 1

PROCTOR MODIFICADO (2700 KN · m/m³)

METODO : C
 N° DE CAPAS : 5
 PESO MARTILLO : 10 lb.
 VOL. DE MOLDE : 2104 cm³
 N° DE GOLPES POR CAPA : 56
 ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457.2 mm
 PESO DEL MOLDE : 6041 gr

N° DE PRUEBA	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,304		10,401		10,443		10,462	
Peso molde (gr.)	6,041		6,041		6,041		6,041	
Peso suelo húmedo (gr.)	4,263		4,360		4,402		4,421	
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.026		2.072		2.092		2.101	
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	143.97	133.48	173.98	170.28	208.75	192.80	171.32	177.59
Peso cap. + suelo seco (gr.)	139.71	129.76	165.97	162.57	197.66	182.38	161.52	167.06
Peso cápsula (gr.)	22.65	22.58	22.50	22.56	22.80	22.95	22.47	22.61
Contenido de Humedad (%)	3.64	3.47	5.58	5.51	6.34	6.54	7.05	7.29
Humedad promedio (%)	3.55		5.54		6.44		7.17	
Densidad seca (gr/cm³)	1.957		1.963		1.966		1.961	

Densidad seca máxima = 1.964 gr/cm³ % Humedad Óptima = 5.90



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sánchez

LOCALIZACIÓN : Quito

NORMA : ASTM D - 1557

CANTERA : Papallacta

FECHA : 02-jun-14

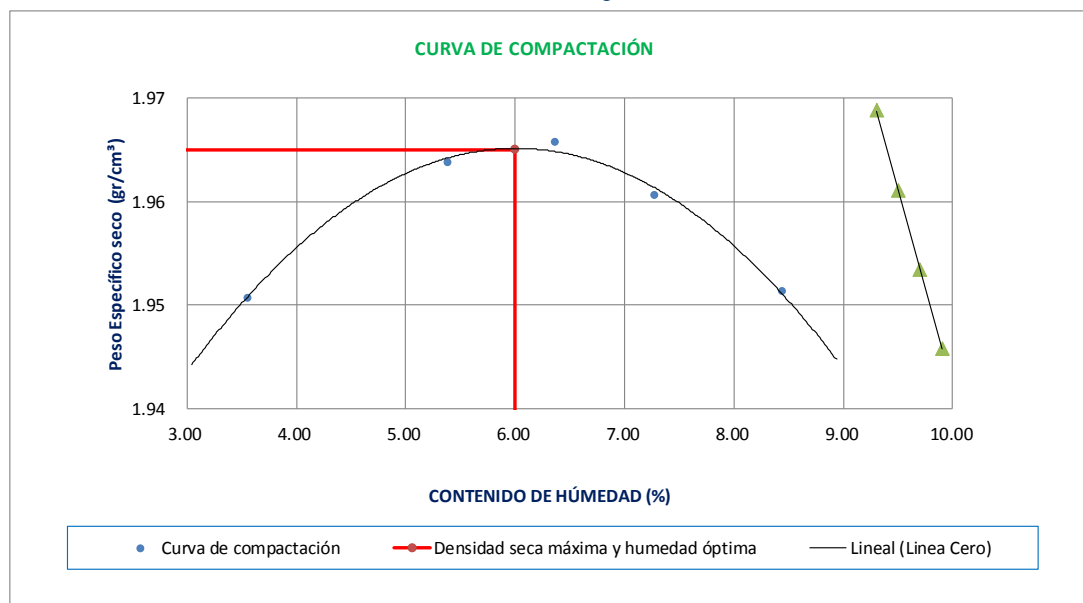
MUESTRA # 2

PROCTOR MODIFICADO (2700 KN · m/m³)

METODO : C	N° DE GOLPES POR CAPA : 56	
N° DE CAPAS : 5	ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457.2 mm	
PESO MARTILLO : 10 lb.	PESO DEL MOLDE : 6041 gr	
VOL. DE MOLDE : 2104.04 cm³		

N° DE PRUEBA	1		2		3		4	
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	10,291		10,395		10,440		10,466	
Peso molde (gr.)	6,041		6,041		6,041		6,041	
Peso suelo húmedo (gr.)	4,250		4,354		4,399		4,425	
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.020		2.069		2.091		2.103	
Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	144.79	133.57	170.35	169.49	151.74	153.80	166.45	167.52
Peso cap. + suelo seco (gr.)	140.59	129.78	162.91	161.88	144.15	145.85	156.64	157.78
Peso cápsula (gr.)	22.59	22.55	22.36	22.44	22.78	22.88	22.55	22.83
Contenido de Humedad (%)	3.56	3.53	5.29	5.46	6.25	6.46	7.32	7.22
Humedad promedio (%)	3.55		5.38		6.36		7.27	
Densidad seca (gr/cm³)	1.951		1.964		1.966		1.961	

Densidad seca máxima = 1.965 gr/cm³ % Humedad Óptima = 6.00



Anexo 6-6 Ensayo de California Bearing Ratio (CBR en Laboratorio ASTM D-1883)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sánchez

CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 05-jun-14

NORMA : ASTM D - 1883

MUESTRA # 1

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.964 gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA: 5.90 %
--	-------------------------------

DATOS DE MOLDEO

N° DE CAPAS : 5

PESO MARTILLO : 10 lb.

ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO : 457.2 mm.

MOLDES N°	M5	M4	M3
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	11
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,442	12,259	12,127
Peso molde (gr.)	8,070	8,079	8,045
Peso suelo húmedo (gr.)	4,372	4,180	4,082
Volumen del molde (cm ³)	2,103	2,103	2,103
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,079	1,988	1,941

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	157.08	170.78	182.62	177.87	171.40	170.20
Peso cap. + suelo seco (gr.)	149.63	162.68	173.99	169.16	162.98	163.56
Peso cápsula (gr.)	22.66	22.80	22.80	22.47	23.00	48.67
Contenido de Humedad (%)	5.87	5.79	5.71	5.94	6.02	5.78
Humedad promedio (%)	5.83		5.82		5.90	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,964		1,878		1,833	

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	134.18	181.07	173.91	187.83	175.99	170.43
Peso cap. + suelo seco (gr.)	126.21	169.88	161.54	174.65	160.98	160.15
Peso cápsula (gr.)	22.80	22.66	22.80	22.47	23.00	48.67
Contenido de Humedad (%)	7.71	7.60	8.92	8.66	10.88	9.22
Humedad promedio (%)	7.65		8.79		10.05	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,601	12,424	12,340
Agua absorbida (gr.)	159	165	213
Agua absorbida (%)	3.64	3.95	5.22

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sánchez

CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 09-jun-14

NORMA : ASTM D - 1883

MUESTRA # 1

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	M5			M4			M3		
Tiempo (días)	LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO		LECTURA DIAL	ESPONJAMIENTO	
		pulg	%		pulg	%		pulg	%
0	20	-----	-----	19	-----	-----	21	-----	-----
1	20	0.00	0.00	19	0.00	0.00	21	0.00	0.00
2	20	0.00	0.00	19	0.00	0.00	21	0.00	0.00
3	20	0.00	0.00	19	0.00	0.00	21	0.00	0.00
4	20	0.00	0.00	19	0.00	0.00	21	0.00	0.00

PENETRACIÓN

MOLDES N°	M5			M4			M3		
Penetración (pulgadas)	56 Golpes			25 Golpes			10 Golpes		
	DIAL	Presión lb/plg ²	Presión corregida lb/plg ²	DIAL	Presión lb/plg ²	Presión corregida lb/plg ²	DIAL	Presión lb/plg ²	Presión corregida lb/plg ²
0.000	0	0.00	----	0	0.00	----	0	0.00	----
0.025	36	120.24	----	25	83.50	----	13	43.42	----
0.050	71	237.14	----	45	150.30	----	25	83.50	----
0.075	98	327.32	----	70	233.80	----	55	183.70	----
0.100	135	450.90	740.00	98	327.32	630.00	89	297.26	540.00
0.200	345	1,152.30	1,465.00	278	928.52	1,270.00	221	738.14	1,100.00
0.300	567	1,893.78	----	465	1,553.10	----	390	1,302.60	----
0.400	793	2,648.62	----	654	2,184.36	----	535	1,786.90	----
0.500	1028	3,433.52	----	855	2,855.70	----	694	2,317.96	----

VALORES DE CBR

Presión lb/plg ²	Valor CBR 0.1"	Presión lb/plg ²	Valor CBR 0.2"
740.00	74.00	1,465.00	97.67
630.00	63.00	1,270.00	84.67
540.00	54.00	1,100.00	73.33
CBR (95% $\gamma_{\text{seco max.}}$) =		61.00	CBR (95% $\gamma_{\text{seco max.}}$) = 82.00

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sánchez

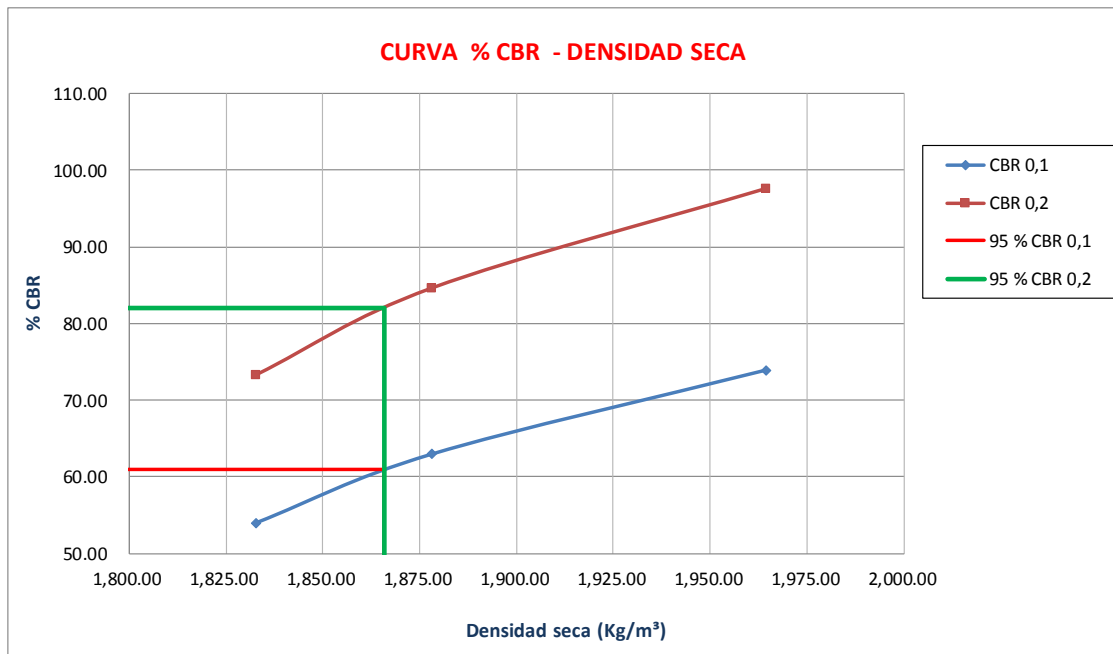
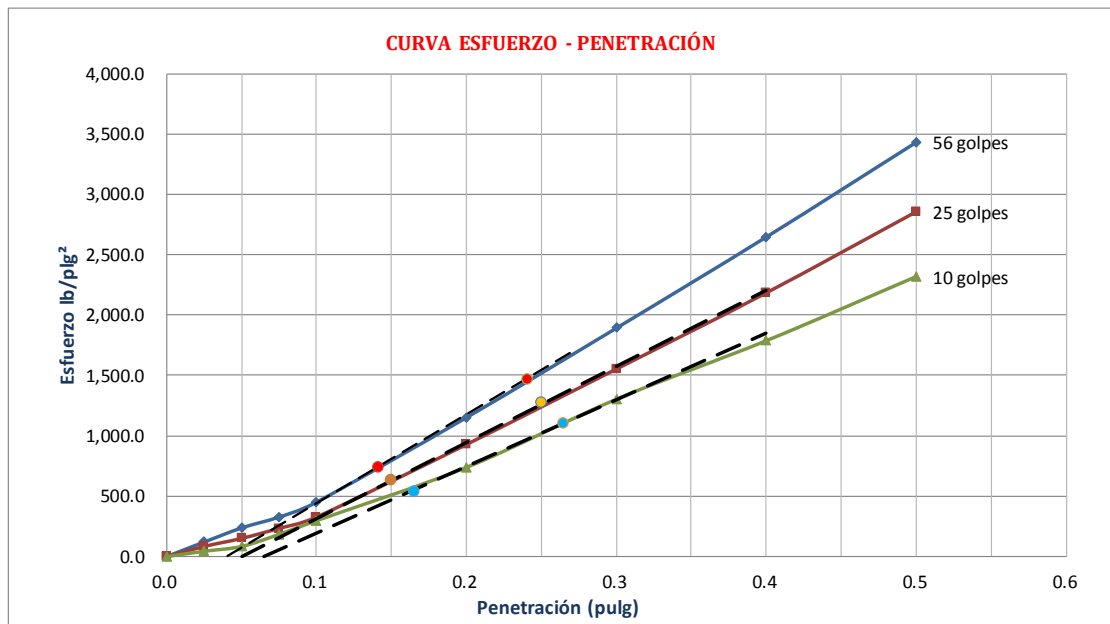
CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 09-jun-14

NORMA : ASTM D - 1883

MUESTRA # 1



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sánchez

CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 05-jun-14

NORMA : ASTM D - 1883

MUESTRA # 2

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN

DENSIDAD MÁXIMA : 1.965 gr/cm ³	HUMEDAD ÓPTIMA: 6.00 %
---	-------------------------------

DATOS DE MOLDEO

N° DE CAPAS : 5

ALTURA DE CAIDA DEL

PESO MARTILLO : 10 lb.

MARTILLO : 457.2 mm.

MOLDES N°	M9	M8	M6
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	11
Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,431	12,305	12,114
Peso molde (gr.)	8,055	8,064	8,059
Peso suelo húmedo (gr.)	4,376	4,241	4,055
Volumen del molde (cm ³)	2,103	2,103	2,103
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,081	2,017	1,928

CONTENIDOS DE HUMEDAD AL MOLDEO

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	374.69	337.12	169.60	192.43	195.75	159.37
Peso cap. + suelo seco (gr.)	358.24	322.63	162.62	183.25	186.04	151.63
Peso cápsula (gr.)	83.21	79.06	44.56	22.72	22.69	22.32
Contenido de Humedad (%)	5.98	5.95	5.91	5.72	5.94	5.99
Humedad promedio (%)	5.97		5.82		5.96	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,964		1,906		1,820	

CONTENIDOS DE HUMEDAD LUEGO DE LA SATURACIÓN

Peso cap. + suelo húmedo (gr.)	174.89	216.92	152.53	154.67	174.82	175.30
Peso cap. + suelo seco (gr.)	161.73	202.37	141.55	142.67	160.05	160.56
Peso cápsula (gr.)	22.48	22.60	22.69	22.32	22.72	22.81
Contenido de Humedad (%)	9.45	8.09	9.24	9.97	10.76	10.70
Humedad promedio (%)	8.77		9.60		10.73	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Peso molde + suelo húmedo (gr.)	12,578	12,501	12,345
Agua absorbida (gr.)	147	196	231
Agua absorbida (%)	3.36	4.62	5.70

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sanchez

CANTERA : Papallacta

LOCALIZACIÓN : Quito

FECHA : 09-jun-14

NORMA : ASTM D - 1883

MUESTRA # 2

ESPONJAMIENTO

MOLDES N°	M9		M8		M6	
Tiempo (días)	dial	%	dial	%	dial	%
0	20	0.00	20	0.00	20	0.00
1	19	0.41	20	0.00	18	0.38
2	19	0.41	20	0.00	18	0.38
3	19	0.41	20	0.00	18	0.38
4	19	0.41	20	0.00	18	0.38

PENETRACIÓN

Constante anillo = (10,02 * Lectura)

MOLDES N°	M9		M8		M6	
penetración (pulgadas)	56 Golpes		25 Golpes		11 Golpes	
	dial	presión lb/plg ²	dial	presión lb/plg ²	dial	presión lb/plg ²
0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.025	55	183.70	41	136.94	21	70.14
0.050	107	357.38	79	263.86	38	126.92
0.075	192	641.28	131	437.54	60	200.40
0.100	289	965.26	210	701.40	115	384.10
0.200	629	2,100.86	435	1,452.90	290	968.60
0.300	946	3,159.64	684	2,284.56	497	1,659.98
0.400	1215	4,058.10	920	3,072.80	662	2,211.08
0.500	1485	4,959.90	1094	3,653.96	850	2,839.00

VALORES CBR

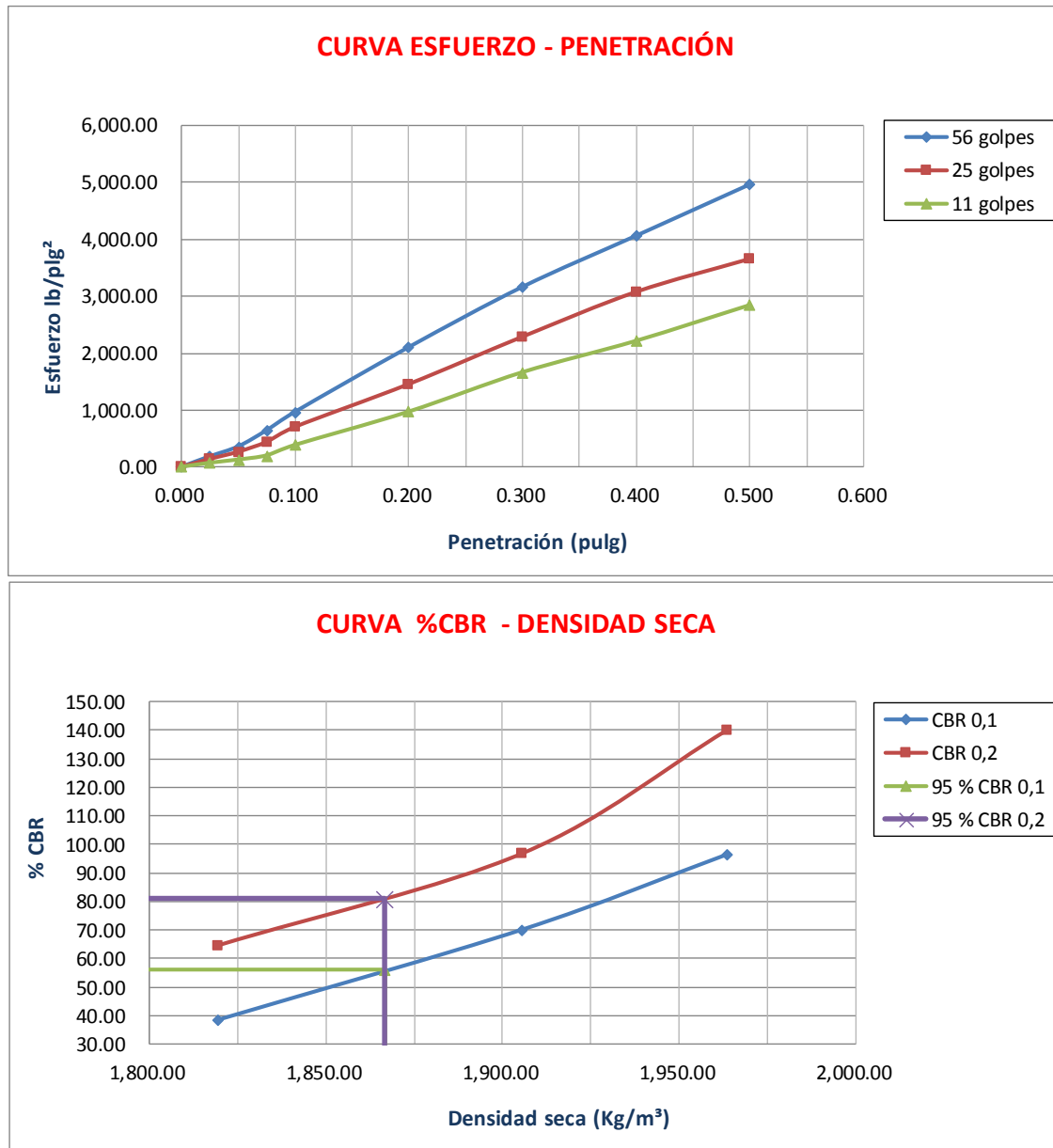
presión lb/plg ²	valor CBR 0.1"	presión lb/plg ²	valor CBR 0.2"
965.26	96.53	2,100.86	140.06
701.40	70.14	1,452.90	96.86
384.10	38.41	968.60	64.57
CBR (95% gd max.) = 56.00		CBR (95% gd max.) = 81.00	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
CBR EN LABORATORIO

ELABORADO POR : Tesis Miranda - Sanchez
LOCALIZACIÓN : Quito
NORMA : ASTM D - 1883

CANTERA : Papallacta
FECHA : 09-jun-14

MUESTRA # 2



Anexo 6-7 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 1 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 29-abr-15
MUESTRA: # 1 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 302.10 mm
D = 149.26 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_1	σ_2	C_1	P_{max}	$P_{efectivo}$	$P_{contacto}$	σ_1	$\sigma_{efectivo}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	22.11	22.79	96	398.69	361.95	36.75	22.79	20.69	2.10	0.082860	0.111296	0.097078	0.000321	64.37
	22.11	22.73	97	397.78	362.87	34.91	22.73	20.74	2.00	0.082629	0.111987	0.097308	0.000322	64.38
	22.11	22.68	98	396.86	361.95	34.91	22.68	20.69	2.00	0.082399	0.110604	0.096502	0.000319	64.76
	22.13	22.79	99	398.69	363.79	34.91	22.79	20.79	2.00	0.083320	0.111756	0.097538	0.000323	64.39
	22.11	22.63	100	395.94	360.11	35.83	22.63	20.58	2.05	0.082629	0.109452	0.096041	0.000318	64.75
Promedio de la columna	22.11	22.72		397.59	362.13	35.46	22.72	20.70	2.03	0.082768	0.111019	0.096893	0.000321	64.53
Desviación Estandar				1.20	1.36	0.82	0.07	0.08	0.05	0.000349	0.001023	0.000613	0.000002	0.20
Serie 2	21.59	45.36	96	793.71	725.73	67.98	45.36	41.48	3.89	0.143854	0.173510	0.158682	0.000525	78.96
	21.59	45.31	97	792.80	723.90	68.90	45.31	41.37	3.94	0.143623	0.173050	0.158336	0.000524	78.94
	21.57	45.52	98	796.47	727.57	68.90	45.52	41.58	3.94	0.144314	0.174893	0.159603	0.000528	78.71
	21.59	45.20	99	790.96	722.98	67.98	45.20	41.32	3.89	0.143393	0.173510	0.158452	0.000525	78.78
	21.60	45.20	100	790.96	722.06	68.90	45.20	41.27	3.94	0.143623	0.173280	0.158452	0.000525	78.68
Promedio de la columna	21.59	45.32		792.98	724.45	68.53	45.32	41.40	3.92	0.143761	0.173649	0.158705	0.000525	78.81
Desviación Estandar				2.29	2.21	0.50	0.13	0.13	0.03	0.000349	0.000721	0.000518	0.000002	0.13
Serie 3	22.13	68.46	96	1197.92	1088.60	109.32	68.46	62.21	6.25	0.187815	0.214757	0.201286	0.000666	93.37
	22.14	68.36	97	1196.08	1085.85	110.24	68.36	62.06	6.30	0.187125	0.213144	0.200134	0.000662	93.67
	22.13	68.20	98	1193.33	1086.76	106.56	68.20	62.11	6.09	0.187125	0.214526	0.200825	0.000665	93.43
	22.15	68.15	99	1192.41	1084.93	107.48	68.15	62.00	6.14	0.187595	0.214987	0.201286	0.000666	93.06
	22.16	67.99	100	1189.65	1082.17	107.48	67.99	61.85	6.14	0.186664	0.213144	0.199904	0.000662	93.46
Promedio de la columna	22.14	68.23		1193.88	1085.66	108.22	68.23	62.05	6.18	0.187263	0.214111	0.200687	0.000664	93.40
Desviación Estandar				3.22	2.38	1.51	0.18	0.14	0.09	0.000449	0.000898	0.000643	0.000002	0.22
Serie 4	34.90	38.06	96	666.02	602.63	63.39	38.06	34.44	3.62	0.106337	0.124199	0.115268	0.000382	90.27
	34.89	37.96	97	664.18	602.63	61.55	37.96	34.44	3.52	0.106567	0.123508	0.115037	0.000381	90.45
	34.87	38.17	98	667.86	605.39	62.47	38.17	34.60	3.57	0.107948	0.124199	0.116074	0.000384	90.05
	34.87	37.91	99	663.27	600.80	62.47	37.91	34.34	3.57	0.107027	0.123278	0.115152	0.000381	90.08
	34.89	38.27	100	669.70	606.31	63.39	38.27	34.65	3.62	0.107257	0.123969	0.115613	0.000383	90.54
Promedio de la columna	34.88	38.07		666.21	603.55	62.65	38.07	34.49	3.58	0.107027	0.123811	0.115429	0.000382	90.28
Desviación Estandar				2.63	2.25	0.77	0.15	0.13	0.04	0.000630	0.000419	0.000420	0.000001	0.22
Serie 5	35.11	75.71	96	1324.69	1198.84	125.86	75.71	68.51	7.19	0.176077	0.195631	0.185854	0.000615	111.37
	35.11	75.76	97	1325.61	1204.35	121.26	75.76	68.83	6.93	0.176767	0.196337	0.187096	0.000619	111.19
	35.11	75.92	98	1328.37	1204.43	124.94	75.92	68.75	7.14	0.176307	0.196553	0.186430	0.000617	111.25
	35.11	76.18	99	1332.96	1208.03	124.94	76.18	69.04	7.14	0.177688	0.197014	0.187351	0.000620	111.33
	35.13	75.66	100	1323.78	1200.68	123.10	75.66	68.62	7.04	0.176537	0.196323	0.186430	0.000617	111.19
Promedio de la columna	35.11	75.84		1327.08	1203.07	124.02	75.84	68.76	7.09	0.176675	0.196553	0.186614	0.000618	111.31
Desviación Estandar				3.71	2.53	1.84	0.21	0.20	0.11	0.000622	0.000631	0.000579	0.000002	0.11
Serie 6	35.01	113.77	96	1990.72	1805.15	185.57	113.77	103.17	10.61	0.238682	0.257385	0.248034	0.000821	125.65
	35.02	113.88	97	1992.55	1809.74	182.81	113.88	103.43	10.45	0.238682	0.257846	0.248264	0.000822	125.86
	35.02	114.09	98	1996.23	1809.74	186.49	114.09	103.43	10.66	0.236841	0.256233	0.246537	0.000816	126.74
	35.01	114.04	99	1996.23	1814.34	181.89	114.04	103.69	10.45	0.236841	0.256233	0.246537	0.000816	126.74
	35.01	113.72	100	1989.80	1806.99	182.81	113.72	103.27	10.45	0.239372	0.258337	0.248955	0.000824	125.32
Promedio de la columna	35.02	113.91		1993.10	1809.19	183.91	113.91	103.40	10.51	0.238636	0.257800	0.248218	0.000822	125.84
Desviación Estandar				3.02	3.47	1.99	0.17	0.20	0.11	0.001084	0.001073	0.001070	0.000004	0.54
Serie 7	68.38	76.50	96	1338.47	1208.94	129.53	76.50	69.09	7.40	0.142703	0.151159	0.146931	0.000486	142.06
	68.40	76.44	97	1337.56	1209.86	127.69	76.44	69.14	7.30	0.142473	0.151390	0.146931	0.000486	142.17
	68.38	76.50	98	1338.47	1210.78	127.69	76.50	69.20	7.30	0.142933	0.151850	0.147392	0.000488	141.83
	68.40	76.39	99	1336.64	1207.11	129.53	76.39	68.99	7.40	0.142703	0.151390	0.147046	0.000487	141.73
	68.37	76.34	100	1335.72	1204.35	131.37	76.34	68.83	7.51	0.141322	0.150468	0.145895	0.000485	142.52
Promedio de la columna	68.38	76.43		1337.37	1208.21	129.16	76.43	69.05	7.38	0.142427	0.151251	0.146839	0.000486	142.06
Desviación Estandar				1.20	2.55	1.54	0.07	0.15	0.09	0.000639	0.000505	0.000561	0.000002	0.31
Serie 8	68.64	150.84	96	2639.28	2414.21	225.07	150.84	137.97	12.86	0.247428	0.263146	0.255287	0.000845	163.28
	68.62	150.84	97	2639.28	2414.21	225.07	150.84	137.97	12.86	0.246968	0.262224	0.254596	0.000843	163.72
	68.64	150.84	98	2637.45	2409.62	227.83	150.73	137.71	13.02	0.246738	0.261403	0.254020	0.000841	163.78
	68.62	151.05	99	2642.96	2416.97	225.99	151.05	138.13	12.92	0.247428	0.262685	0.255797	0.000844	163.61
	68.64	150.84	100	2639.28	2415.13	224.15	150.84	138.03	12.81	0.246968	0.262224	0.254596	0.000843	163.78
Promedio de la columna	68.63	150.86		2639.65	2414.03	225.62	150.86	137.96	12.89	0.247106	0.262316	0.254711	0.000843	163.63
Desviación Estandar				2.01	2.71	1.39	0.12	0.15	0.08	0.000309	0.000684	0.000489	0.000002	0.21
Serie 9	68.35	225.13	96	3939.17	3606.62	332.55	225.13	206.12	19.01	0.346860	0.366607	0.356733	0.001181	174.55
	68.34	225.60	97	3942.85	3606.62	336.23	225.34	206.12	19.22	0.346860	0.366146	0.356053	0.001180	174.67
	68.35	225.60	98	3947.44	3611.22	336.23	225.60	206.38	19.22	0.346630	0.366607	0.356618	0.001180	174.83
	68.34	225.60	99	3940.09	3606.62	333.47	225.60	206.12	19.01	0.346860	0.366146	0.356388	0.001180	174.82
	68.34	225.28	100	3941.93	3609.38	332.55	225.28	206.28	19.01	0.347550	0.366837	0.357194	0.001182	174.46
Promedio de la columna	68.34	225.31		3942.30	3608.09	334.21	225.31	206.21	19.10	0.346906	0.366469	0.356687	0.001181	174.65
Desviación Estandar				3.22	2.11	1.88	0.18	0.13	0.11	0.000378	0.000309	0.000311	0.000001	0.14
Serie 10	102.94	76.02	96	1330.21	1207.11	123.10	76.02	68.99	7.04	0.129123	0.140790	0.134956	0.000447	154.43
	102.95	76.02	97	1330.21	1208.94	121.26	76.02	69.09	6.93	0.129123	0.139868	0.134496	0.000445	155.19
	102.95	76.02	98	1330.21	1208.03	122.18	76.02	69.04	6.98	0.128663	0.139868	0.134265	0.000444	155.34
	102.94	75.92	99	1328.37	1202.51	125.86	75.92	68.72	7.19	0.128663	0.138947	0.133805	0.000443	155.16
	102.95	75.81	100	1326.53	1205.27	121.26	75.81	68.88	6.93	0.128893	0.140099	0.134496	0.000445	154.72
Promedio de la columna	102.95	75.96		1329.10	1206.37	122.73	75.96	68.95	7.01	0.128953	0.139914	0.134819	0.00	

Anexo 6-8 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 2 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 12-may-15
MUESTRA: # 2 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.60 mm
D = 149.46 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_1	σ_2	C_1	P_{max}	$P_{cíclica}$	$P_{contacto}$	σ_2	$\sigma_{cíclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.71	22.88	96	401.45	363.79	37.66	22.88	20.74	2.15	0.137179	0.116826	0.127002	0.000418	49.57
	21.69	22.72	97	398.69	361.03	37.66	22.72	20.58	2.15	0.136488	0.116365	0.126427	0.000416	49.42
	21.69	22.83	98	400.53	361.95	38.58	22.83	20.63	2.20	0.136949	0.115904	0.126426	0.000416	49.54
	21.68	22.93	99	402.37	366.54	35.83	22.93	20.89	2.04	0.137869	0.116595	0.127232	0.000419	49.85
	21.69	22.88	100	401.45	362.87	38.58	22.88	20.68	2.20	0.135798	0.115904	0.125851	0.000415	49.89
Promedio de la columna	21.69	22.85		400.90	363.23	37.66	22.85	20.70	2.15	0.136857	0.116319	0.126588	0.000417	49.65
Desviación Estandar				1.39	2.11	1.13	0.08	0.12	0.06	0.000774	0.000412	0.000544	0.000002	0.21
Serie 2	21.33	45.76	96	802.90	725.73	77.17	45.76	41.37	4.40	0.212903	0.185953	0.199428	0.000657	62.97
	21.32	45.76	97	802.90	726.65	76.25	45.76	41.42	4.35	0.212213	0.184801	0.198507	0.000654	63.35
	21.29	45.55	98	799.23	724.82	74.41	45.55	41.31	4.24	0.211292	0.183188	0.197240	0.000650	63.59
	21.29	45.55	99	799.23	722.98	76.25	45.55	41.21	4.35	0.211522	0.185493	0.198507	0.000654	63.02
	21.30	45.45	100	797.39	721.14	76.06	45.45	41.10	4.35	0.211062	0.185723	0.198392	0.000653	62.90
Promedio de la columna	21.31	45.62		800.33	724.26	76.06	45.62	41.28	4.34	0.211798	0.185032	0.198415	0.000654	63.17
Desviación Estandar				2.46	2.21	1.01	0.14	0.13	0.06	0.000753	0.001117	0.000779	0.000003	0.29
Serie 3	21.32	68.23	96	1197.00	1089.52	107.48	68.23	62.10	6.13	0.266302	0.236417	0.251359	0.000828	75.01
	21.30	68.38	97	1199.76	1091.36	108.40	68.38	62.21	6.18	0.265381	0.236186	0.250784	0.000826	75.31
	21.29	68.12	98	1195.16	1088.60	106.56	68.12	62.05	6.07	0.266502	0.236186	0.251244	0.000828	74.98
	21.29	68.65	99	1204.35	1095.95	108.40	68.65	62.47	6.18	0.266902	0.237569	0.252280	0.000831	75.17
	21.30	68.33	100	1198.84	1090.44	108.40	68.33	62.15	6.18	0.264000	0.235264	0.249632	0.000822	75.59
Promedio de la columna	21.30	68.34		1199.02	1091.17	107.85	68.34	62.19	6.15	0.265795	0.236324	0.251060	0.000827	75.21
Desviación Estandar				3.46	2.86	0.82	0.20	0.16	0.05	0.001155	0.000824	0.000965	0.000003	0.25
Serie 4	34.74	38.12	96	668.78	608.15	60.63	38.12	34.66	3.46	0.148457	0.130421	0.139439	0.000459	75.47
	34.74	38.12	97	668.78	607.23	61.55	38.12	34.61	3.51	0.147997	0.130421	0.139209	0.000459	75.48
	34.74	37.96	98	666.02	604.47	61.55	37.96	34.45	3.51	0.148917	0.130421	0.139669	0.000460	74.89
	34.74	37.91	99	665.10	606.31	58.79	37.91	34.56	3.35	0.150068	0.131112	0.140590	0.000463	74.63
	34.74	37.86	100	664.18	605.39	58.79	37.86	34.51	3.35	0.149638	0.130651	0.140245	0.000462	74.70
Promedio de la columna	34.74	37.99		666.57	606.31	60.26	37.99	34.56	3.43	0.149055	0.130605	0.139830	0.000461	75.03
Desviación Estandar				2.11	1.45	1.39	0.12	0.08	0.08	0.000885	0.000300	0.000573	0.000002	0.42
Serie 5	34.66	75.45	96	1323.78	1207.11	116.67	75.45	68.80	6.65	0.238682	0.214296	0.226489	0.000746	92.23
	34.66	75.40	97	1322.86	1208.03	114.83	75.40	68.86	6.55	0.238912	0.213604	0.226258	0.000745	92.39
	34.66	75.51	98	1324.69	1208.94	115.75	75.51	68.91	6.60	0.238912	0.214065	0.226489	0.000746	92.37
	34.68	75.61	99	1326.53	1210.78	115.75	75.61	69.01	6.60	0.238452	0.215217	0.226835	0.000747	92.37
	34.69	75.56	100	1325.61	1208.94	116.67	75.56	68.91	6.65	0.237761	0.213374	0.225568	0.000743	92.75
Promedio de la columna	34.67	75.51		1324.69	1208.76	115.93	75.51	68.90	6.61	0.238544	0.214111	0.226328	0.000745	92.42
Desviación Estandar				1.45	1.36	0.77	0.08	0.08	0.04	0.000477	0.000718	0.000472	0.000002	0.19
Serie 6	34.56	113.21	96	1986.12	1812.50	173.62	113.21	103.31	9.90	0.314176	0.289414	0.301795	0.000994	103.93
	34.57	113.10	97	1984.29	1811.58	172.71	113.10	103.20	9.90	0.315097	0.290567	0.302832	0.000997	103.47
	34.56	113.15	98	1985.20	1811.58	173.62	113.15	103.31	9.84	0.313256	0.288723	0.300989	0.000991	104.20
	34.56	113.10	99	1984.29	1812.50	171.79	113.10	103.20	9.90	0.314997	0.290106	0.302380	0.000995	103.62
	34.54	113.26	100	1987.04	1813.42	173.62	113.26	103.47	9.79	0.313946	0.289875	0.301911	0.000994	104.04
Promedio de la columna	34.56	113.16		1985.39	1812.31	173.07	113.16	103.30	9.86	0.314222	0.289737	0.301980	0.000995	103.85
Desviación Estandar				1.20	0.77	0.82	0.07	0.11	0.05	0.000698	0.000703	0.000689	0.000002	0.30
Serie 7	67.98	76.13	96	1335.72	1211.70	124.02	76.13	69.06	7.07	0.179990	0.166367	0.173178	0.000570	121.08
	67.98	75.77	97	1329.29	1206.19	123.10	75.77	68.75	7.02	0.179069	0.165906	0.172488	0.000568	121.01
	67.98	76.08	98	1334.80	1209.86	124.94	76.08	68.96	7.12	0.179990	0.166137	0.173063	0.000570	120.97
	67.99	76.13	99	1335.72	1209.86	125.86	76.13	68.96	7.17	0.180450	0.165906	0.173178	0.000570	120.89
	67.99	76.24	100	1337.56	1211.70	125.86	76.24	69.06	7.17	0.179990	0.166137	0.173063	0.000570	121.16
Promedio de la columna	67.98	76.07		1334.62	1209.86	124.75	76.07	68.96	7.11	0.179898	0.166091	0.172994	0.000570	121.02
Desviación Estandar				3.14	2.25	1.20	0.18	0.13	0.07	0.000504	0.000193	0.000289	0.000001	0.10
Serie 8	68.16	150.75	96	2644.80	2413.30	231.50	150.75	137.55	13.20	0.310954	0.289645	0.300299	0.000989	139.07
	68.14	150.70	97	2643.88	2414.21	229.66	150.70	137.50	13.20	0.309797	0.289414	0.300044	0.000989	139.07
	68.13	150.75	98	2644.80	2415.13	229.66	150.75	137.66	13.09	0.310724	0.290567	0.300645	0.000990	139.01
	68.14	150.80	99	2645.71	2416.05	229.66	150.80	137.71	13.09	0.310263	0.290797	0.300530	0.000990	139.12
	68.13	150.80	100	2645.71	2414.21	231.50	150.80	137.71	13.09	0.310263	0.291258	0.300761	0.000991	139.01
Promedio de la columna	68.14	150.76		2644.98	2414.58	230.40	150.76	137.63	13.13	0.310540	0.290613	0.300447	0.000991	139.42
Desviación Estandar				0.77	1.05	1.01	0.04	0.10	0.06	0.000300	0.000596	0.000300	0.000003	0.25
Serie 9	67.84	225.26	96	3952.04	3617.65	334.39	225.26	206.20	19.06	0.432712	0.409005	0.420858	0.001386	148.75
	67.84	225.36	97	3953.87	3617.65	336.23	225.36	206.20	19.16	0.433172	0.409005	0.421089	0.001387	148.67
	67.86	225.52	98	3956.63	3618.57	338.06	225.52	206.25	19.27	0.433402	0.409697	0.421549	0.001389	148.54
	67.86	225.52	99	3952.04	3616.80	337.14	225.52	206.25	19.22	0.433632	0.409005	0.421319	0.001387	148.42
	67.81	225.26	100	3952.04	3615.81	336.23	225.26	206.09	19.16	0.433172	0.408775	0.420973	0.001387	148.63
Promedio de la columna	67.84	225.33		3953.32	3616.91	336.41	225.33	206.16	19.17	0.433218	0.409097	0.421158	0.001387	148.61
Desviación Estandar				2.01	1.51	1.36	0.11	0.09	0.08	0.000341	0.000349	0.000277	0.000001	0.11
Serie 10	102.73	76.45	96	1341.23	1212.62	128.61	76.45	69.12	7.33	0.167330	0.152081	0.159706	0.000526	131.39
	102.73	76.13	97	1335.72	1208.94	126.77	76.13	68.91	7.23	0.167330	0.151620	0.159475	0.000525	131.18
	102.71	76.08	98	1334.80	1206.19	128.61	76.08	68.75	7.33	0.166870	0.150929	0.158889	0.000523	131.36
	102.71	76.08	99	1334.80	1207.11	127.69	76.08	68.80	7.28	0.167330	0.151620	0.159475	0.000525	130.98

Anexo 6-9 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 3 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 16-may-15
MUESTRA: # 3 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 305.60 mm
D = 148.95 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	P_{cyclic}	$P_{contacto}$	σ_d	σ_{cyclic}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	KPa	KPa	N	N	N	N	KPa	KPa	KPa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.32	27.25	96	470.35	438.20	32.15	27.25	25.39	1.86	0.123747	0.115196	0.119471	0.000391	64.94
	21.35	23.68	97	408.80	376.65	32.15	23.68	21.82	1.86	0.110451	0.102396	0.106424	0.000348	62.66
	21.35	22.03	98	380.32	345.41	34.91	22.03	20.01	2.02	0.103804	0.096105	0.099955	0.000327	61.18
	21.34	22.14	99	382.16	347.25	34.91	22.14	20.12	2.02	0.103804	0.096539	0.100171	0.000328	61.37
	21.35	22.35	100	385.83	350.01	35.83	22.35	20.28	2.08	0.105082	0.097196	0.101136	0.000331	61.52
Promedio de la columna	21.34	23.49		405.49	371.50	33.99	23.49	21.52	1.97	0.109378	0.101485	0.10543	0.000345	62.28
Desviación Estandar				38.02	39.39	1.72	2.20	2.28	0.10	0.008488	0.008073	0.008280	0.000027	1.60
Serie 2	21.38	45.24	96	780.85	713.79	67.06	45.24	41.35	3.89	0.164910	0.155330	0.160120	0.000524	78.92
	21.36	45.50	97	785.45	717.47	67.98	45.50	41.56	3.94	0.165166	0.155981	0.160573	0.000525	79.10
	21.36	45.72	98	789.12	721.14	67.98	45.72	41.78	3.94	0.165166	0.155547	0.160356	0.000525	79.62
	21.38	45.24	99	780.85	711.95	68.90	45.24	41.25	3.99	0.164399	0.154896	0.159648	0.000522	78.95
	21.38	45.61	100	787.28	717.47	69.82	45.61	41.56	4.04	0.165933	0.155547	0.160740	0.000526	79.02
Promedio de la columna	21.37	45.46		784.71	716.36	68.35	45.46	41.50	3.96	0.165115	0.155460	0.160288	0.000525	79.12
Desviación Estandar				3.75	3.58	1.05	0.22	0.21	0.06	0.000554	0.000394	0.000427	0.000001	0.28
Serie 3	21.18	68.01	96	1174.04	1072.07	101.97	68.01	62.11	5.91	0.210165	0.197634	0.203899	0.000667	93.09
	21.17	68.17	97	1176.79	1073.90	102.89	68.17	62.21	5.96	0.209909	0.198068	0.203988	0.000668	93.20
	21.17	68.01	98	1174.04	1072.07	101.97	68.01	62.11	5.91	0.209653	0.196766	0.203210	0.000665	93.40
	21.17	68.07	99	1174.95	1072.07	102.89	68.07	62.11	5.96	0.209398	0.196352	0.202865	0.000664	93.56
	21.17	68.01	100	1174.04	1073.90	101.97	68.01	62.21	5.80	0.209398	0.197200	0.203299	0.000665	93.52
Promedio de la columna	21.17	68.06		1174.77	1072.80	101.97	68.06	62.15	5.91	0.209704	0.197200	0.203452	0.000666	93.35
Desviación Estandar				1.20	1.01	1.13	0.07	0.06	0.07	0.000333	0.000686	0.000478	0.000002	0.20
Serie 4	34.36	37.73	96	651.32	593.45	57.87	37.73	34.38	3.35	0.118889	0.110206	0.114548	0.000375	91.72
	34.36	37.79	97	652.24	594.37	57.87	37.79	34.43	3.35	0.119111	0.110857	0.115384	0.000378	91.20
	34.36	37.73	98	651.32	593.45	57.87	37.73	34.38	3.35	0.120167	0.111508	0.115388	0.000379	90.70
	34.35	37.95	99	655.00	597.12	57.87	37.95	34.59	3.35	0.121445	0.112159	0.116802	0.000382	90.51
	34.33	37.89	100	654.08	597.12	56.96	37.89	34.59	3.30	0.119656	0.111291	0.115473	0.000378	91.55
Promedio de la columna	34.35	37.82		652.79	595.10	57.69	37.82	34.48	3.34	0.120014	0.111204	0.115609	0.000378	91.14
Desviación Estandar				1.67	1.88	0.41	0.10	0.11	0.02	0.000932	0.000729	0.000817	0.000003	0.52
Serie 5	34.71	75.52	96	1303.57	1186.90	116.67	75.52	68.76	6.76	0.191756	0.180279	0.186017	0.000609	112.96
	34.71	75.68	97	1306.32	1191.49	114.83	75.68	69.03	6.65	0.192267	0.180279	0.186273	0.000610	113.24
	34.71	75.57	98	1304.48	1189.65	114.83	75.57	68.92	6.65	0.192267	0.180662	0.186164	0.000609	113.14
	34.71	75.41	99	1301.73	1185.98	115.75	75.41	68.71	6.71	0.192012	0.187660	0.185386	0.000607	113.26
	34.69	75.62	100	1305.40	1189.65	115.75	75.62	68.92	6.71	0.192267	0.179194	0.185731	0.000608	113.40
Promedio de la columna	34.70	75.56		1304.30	1188.73	115.57	75.56	68.87	6.70	0.192114	0.179714	0.185914	0.000608	113.20
Desviación Estandar				1.77	2.25	0.77	0.10	0.13	0.04	0.000229	0.000696	0.000359	0.000001	0.16
Serie 6	34.57	113.30	96	1955.81	1782.69	168.11	113.30	103.57	9.74	0.255930	0.239287	0.247608	0.000810	127.82
	34.59	113.14	97	1955.05	1782.18	170.87	113.14	103.41	9.74	0.256186	0.237768	0.246977	0.000808	127.95
	34.57	113.25	98	1954.89	1784.94	169.95	113.25	103.35	9.90	0.255419	0.238202	0.246810	0.000808	127.97
	34.59	113.30	99	1955.81	1785.86	169.95	113.30	103.46	9.85	0.256442	0.238853	0.247647	0.000810	127.67
	34.57	112.93	100	1949.38	1783.10	166.28	112.93	103.09	9.85	0.254908	0.237985	0.246446	0.000806	127.83
Promedio de la columna	34.58	113.19		1953.79	1784.75	169.03	113.19	103.37	9.81	0.255419	0.237993	0.246993	0.000809	127.85
Desviación Estandar				2.71	2.19	1.84	0.16	0.18	0.07	0.00	0.000632	0.000521	0.000002	0.12
Serie 7	68.10	75.89	96	1310.00	1187.82	122.18	75.89	68.81	7.08	0.150337	0.139494	0.144915	0.000474	145.11
	68.10	75.84	97	1309.08	1187.82	121.26	75.84	68.81	7.02	0.150592	0.139494	0.145043	0.000475	144.99
	68.11	76.05	98	1312.75	1190.57	122.18	76.05	68.97	7.08	0.151359	0.139494	0.145426	0.000476	144.94
	68.13	75.94	99	1310.91	1189.65	121.26	75.94	68.92	7.02	0.150337	0.139494	0.144915	0.000474	145.34
	68.14	76.21	100	1315.51	1194.25	121.26	76.21	69.19	7.02	0.150337	0.139277	0.144807	0.000474	146.01
Promedio de la columna	68.12	75.99		1311.65	1190.02	121.63	75.99	68.94	7.05	0.15	0.139450	0.145021	0.000475	145.28
Desviación Estandar				2.55	2.65	0.50	0.15	0.15	0.03	0.00	0.000097	0.000241	0.000001	0.44
Serie 8	67.84	150.88	96	2604.37	2378.39	225.99	150.88	137.79	13.09	0.260021	0.241022	0.250522	0.000820	168.08
	67.86	150.88	97	2604.37	2378.39	225.99	150.88	137.79	13.09	0.260277	0.241456	0.250866	0.000821	167.85
	67.86	150.93	98	2605.29	2379.31	225.99	150.93	137.84	13.09	0.260277	0.241456	0.250866	0.000821	167.91
	67.84	150.93	99	2605.29	2376.55	228.74	150.93	137.84	13.09	0.260021	0.241456	0.250739	0.000820	168.00
	67.84	150.82	100	2601.46	2374.71	228.74	150.82	137.57	13.25	0.260277	0.240588	0.250433	0.000819	167.88
Promedio de la columna	67.85	150.89		2604.56	2377.47	227.09	150.89	137.76	13.12	0.260174	0.241196	0.250685	0.000820	167.94
Desviación Estandar				0.77	1.84	1.51	0.04	0.11	0.07	0.000140	0.000388	0.000199	0.000001	0.09
Serie 9	68.22	225.65	96	3895.08	3564.36	330.71	225.65	206.49	19.16	0.367149	0.337127	0.352138	0.001152	179.20
	68.22	225.65	97	3895.08	3565.28	329.80	225.65	206.55	19.11	0.366882	0.337127	0.351755	0.001151	179.44
	68.19	225.60	98	3894.16	3562.53	331.63	225.60	206.39	19.21	0.366382	0.337127	0.351755	0.001151	179.31
	68.19	225.65	99	3895.08	3567.12	327.96	225.65	206.65	19.00	0.368171	0.337995	0.353083	0.001155	178.86
	68.19	225.54	100	3893.24	3561.61	331.63	225.54	206.33	19.21	0.367149	0.337778	0.352463	0.001153	178.90
Promedio de la columna	68.20	225.62		3894.53	3564.18	330.35	225.62	206.48	19.14	0.367046	0.337431	0.352239	0.001153	179.14
Desviación Estandar				0.82	2.19	1.54	0.05	0.13	0.09	0.000737	0.000423	0.000557	0.000002	0.25
Serie 10	102.49	76.26	96	1316.43	1190.57	125.86	76.26	68.97	7.29	0.137042	0.127345	0.132193	0.000433	159.45
	102.47	76.37	97	1318.26	1192.41	125.86	76.37	69.08	7.29	0.137297	0.127345	0.132321	0.000433	159.54
	102.46	76.32	98	1317.33	1190.57	126.77	76.32	69.07	7.34	0.137042	0.127345	0.132193	0.000433	159.45

Anexo 6-10 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 4 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA: AASHTO T-307

CANTERA: Papallacta
FECHA: 16-may-15
MUESTRA: # 4 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.71 mm
D = 149.20 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_1	σ_2	C_1	P_{max}	$P_{ciclico}$	$P_{contacto}$	$\sigma_{efectivo}$	$\sigma_{efectivo}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	KPa	KPa	N	N	N	N	KPa	KPa	KPa	mm	mm	mm/mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.90	22.75	96	397.78	362.87	34.91	22.75	20.75	2.00	0.101758	0.085909	0.093834	0.000309	67.18
	21.89	22.80	97	398.69	362.87	35.83	22.80	20.75	2.05	0.103293	0.086777	0.095035	0.000313	66.33
	21.90	22.75	98	397.78	363.79	33.99	22.75	20.81	1.94	0.103548	0.086994	0.095271	0.000314	66.33
	21.90	22.49	99	393.18	359.19	33.99	22.49	20.54	1.94	0.101247	0.085041	0.093144	0.000307	66.99
	21.92	22.49	100	393.18	358.27	34.91	22.49	20.49	2.00	0.100991	0.086343	0.093667	0.000308	66.44
Promedio de la columna	21.90	22.66		396.12	361.40	34.72	22.66	20.67	1.99	0.102168	0.086213	0.094190	0.000310	66.65
Desviación Estandar				2.71	2.48	0.77	0.15	0.14	0.04	0.001180	0.000776	0.000919	0.000003	0.40
Serie 2	21.68	45.45	96	794.63	723.90	70.74	45.45	41.40	4.05	0.159541	0.141012	0.150277	0.000495	83.68
	21.65	45.56	97	796.47	723.90	72.57	45.56	41.40	4.15	0.159285	0.140578	0.149932	0.000494	83.87
	21.63	45.40	98	793.71	722.06	71.65	45.40	41.30	4.10	0.160052	0.140361	0.150207	0.000495	83.51
	21.62	45.45	99	794.63	722.98	71.65	45.45	41.35	4.10	0.158263	0.139927	0.149095	0.000491	84.24
	21.62	45.77	100	800.14	726.65	73.49	45.77	41.56	4.20	0.160819	0.141446	0.151133	0.000498	83.52
Promedio de la columna	21.64	45.52		795.92	723.90	72.02	45.52	41.40	4.12	0.159592	0.140665	0.150129	0.000494	83.76
Desviación Estandar				2.57	1.72	1.05	0.15	0.10	0.06	0.000946	0.000586	0.000732	0.000002	0.30
Serie 3	21.48	68.15	96	1191.49	1086.76	104.73	68.15	62.16	5.99	0.205307	0.181363	0.193335	0.000637	97.65
	21.48	68.04	97	1189.65	1085.85	103.81	68.04	62.11	5.94	0.204795	0.179845	0.192320	0.000633	98.08
	21.48	68.36	98	1195.16	1088.60	106.56	68.36	62.26	6.10	0.205562	0.180929	0.193246	0.000636	97.86
	21.48	68.46	99	1197.00	1091.36	105.64	68.46	62.42	6.04	0.206074	0.181363	0.193718	0.000638	97.86
	21.48	68.25	100	1193.33	1087.68	105.64	68.25	62.42	6.04	0.205921	0.180929	0.193590	0.000635	97.90
Promedio de la columna	21.48	68.25		1193.33	1088.05	105.28	68.25	62.23	6.02	0.205358	0.180886	0.193122	0.000636	97.87
Desviación Estandar				2.91	2.11	1.05	0.17	0.12	0.06	0.000492	0.000621	0.000519	0.000002	0.15
Serie 4	34.71	38.20	96	667.86	607.23	60.63	38.20	34.73	3.47	0.119400	0.103915	0.111658	0.000368	94.47
	34.68	38.20	97	667.86	607.23	60.63	38.20	34.73	3.47	0.118899	0.104785	0.111836	0.000368	94.32
	34.68	37.78	98	660.51	600.80	59.71	37.78	34.36	3.42	0.118122	0.102830	0.110476	0.000364	94.81
	34.66	37.67	99	658.67	599.88	58.79	37.67	34.31	3.36	0.116076	0.102396	0.109236	0.000360	95.40
	34.66	37.99	100	664.18	603.55	60.63	37.99	34.52	3.47	0.117610	0.103481	0.110546	0.000364	94.84
Promedio de la columna	34.68	37.97		663.82	603.74	60.08	37.97	34.53	3.44	0.118019	0.103481	0.110750	0.000365	94.70
Desviación Estandar				4.19	3.46	0.82	0.24	0.20	0.05	0.001286	0.000933	0.001050	0.000003	0.43
Serie 5	35.01	76.19	96	1332.04	1219.05	112.99	76.19	69.73	6.46	0.188688	0.167479	0.178083	0.000586	118.91
	35.01	76.03	97	1329.29	1211.70	112.99	76.03	69.31	6.73	0.189455	0.167913	0.178684	0.000588	117.80
	35.01	75.66	98	1322.86	1204.35	118.51	75.66	68.89	6.78	0.188688	0.167262	0.177975	0.000586	117.55
	35.02	75.77	99	1324.69	1204.35	120.34	75.77	68.89	6.88	0.189455	0.167262	0.178358	0.000587	117.30
	35.01	75.72	100	1323.78	1204.35	119.42	75.72	68.89	6.83	0.188688	0.166611	0.177650	0.000585	117.77
Promedio de la columna	35.01	75.87		1326.53	1208.76	117.77	75.87	69.14	6.74	0.188995	0.167305	0.178150	0.000587	117.87
Desviación Estandar				3.95	6.57	2.86	0.23	0.38	0.16	0.000420	0.000470	0.000392	0.000001	0.62
Serie 6	34.89	113.28	96	1980.61	1805.15	175.46	113.28	103.25	10.04	0.254652	0.223016	0.238834	0.000786	131.30
	34.89	113.28	97	1980.61	1807.90	172.71	113.28	103.25	10.04	0.254141	0.222365	0.238253	0.000784	131.62
	34.90	113.34	98	1981.53	1807.90	173.62	113.34	103.46	9.88	0.255419	0.223450	0.239434	0.000788	131.23
	34.92	113.07	99	1976.94	1802.39	174.54	113.07	103.14	9.93	0.255163	0.223450	0.239307	0.000788	130.90
	34.89	113.07	100	1976.94	1804.23	172.71	113.07	103.09	9.98	0.254652	0.222582	0.238617	0.000786	131.21
Promedio de la columna	34.90	113.21		1979.32	1805.52	173.81	113.21	103.24	9.97	0.254975	0.222889	0.238889	0.000787	131.25
Desviación Estandar				2.21	2.40	1.20	0.13	0.14	0.07	0.00	0.000495	0.000488	0.000002	0.25
Serie 7	68.32	75.98	96	1328.37	1203.43	124.94	75.98	68.83	7.15	0.150081	0.132768	0.141425	0.000466	147.82
	68.32	75.82	97	1325.61	1201.60	124.02	75.82	68.73	7.09	0.149825	0.132551	0.141188	0.000465	147.84
	68.32	75.87	98	1326.53	1199.76	126.77	75.87	68.62	7.25	0.149825	0.132551	0.141188	0.000465	147.61
	68.31	75.93	99	1327.45	1202.51	124.94	75.93	68.78	7.15	0.150337	0.132551	0.141444	0.000466	147.69
	68.32	76.03	100	1329.29	1201.60	127.69	76.03	68.73	7.30	0.149058	0.132551	0.140805	0.000464	148.24
Promedio de la columna	68.32	75.93		1327.45	1201.78	125.67	75.93	68.74	7.19	0.15	0.132595	0.141210	0.000465	147.84
Desviación Estandar				1.45	1.36	1.51	0.08	0.08	0.09	0.00	0.000097	0.000258	0.000001	0.24
Serie 8	68.05	150.91	96	2638.36	2408.70	229.66	150.91	137.77	13.14	0.260788	0.226487	0.243638	0.000802	171.74
	68.05	150.85	97	2637.45	2406.86	230.58	150.85	137.72	13.14	0.260277	0.226053	0.243165	0.000801	172.01
	68.04	150.75	98	2635.61	2405.03	230.58	150.75	137.56	13.19	0.261555	0.226704	0.244130	0.000804	171.13
	68.05	150.80	99	2636.53	2407.78	228.74	150.80	137.61	13.19	0.261044	0.227138	0.244091	0.000804	171.22
	68.05	150.96	100	2639.28	2410.54	228.74	150.96	137.88	13.08	0.260788	0.226487	0.243638	0.000803	171.87
Promedio de la columna	68.04	150.85		2637.45	2407.78	229.66	150.85	137.71	13.15	0.260890	0.226574	0.243732	0.000803	171.59
Desviación Estandar				1.45	2.05	0.92	0.08	0.13	0.04	0.000464	0.000394	0.000396	0.000001	0.39
Serie 9	68.32	225.68	96	3945.60	3609.38	336.23	225.68	206.45	19.23	0.366893	0.313481	0.340187	0.001120	184.31
	68.31	225.47	97	3943.77	3605.70	338.06	225.47	206.24	19.34	0.367149	0.313280	0.339989	0.001119	184.23
	68.29	225.57	98	3943.77	3606.62	337.14	225.57	206.29	19.28	0.367404	0.313481	0.340768	0.001122	183.85
	68.31	225.47	99	3941.93	3605.70	336.23	225.47	206.24	19.23	0.367404	0.313264	0.340334	0.001121	184.04
	68.31	225.68	100	3945.60	3610.30	335.31	225.68	206.50	19.18	0.366637	0.313698	0.340168	0.001120	184.37
Promedio de la columna	68.31	225.59		3944.14	3607.54	336.59	225.59	206.34	19.25	0.367098	0.313481	0.340289	0.001120	184.16
Desviación Estandar				1.54	2.15	1.05	0.09	0.12	0.06	0.000333	0.000485	0.000294	0.000001	0.21
Serie 10	103.39	76.03	96	1329.29	1201.60	127.69	76.03	68.73	7.30	0.135508	0.120620	0.128064	0.000422	162.99
	103.40	75.98	97	1328.37	1202.51	125.86	75.98	68.78	7.20	0.137042	0.120403	0.128722	0.000424	162.28
	103.40	76.29	98	1333.88	1208.03	125.86	76.29	69.10	7.20	0.136530	0.121053	0.128792	0.000424	162.94
	103.42	76.19	99	1332.0										

Anexo 6-11 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 5 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 16-may-15
MUESTRA: # 5 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 302.82 mm
D = 149.94 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	P_{cyclic}	$P_{contacto}$	σ_d	σ_{cyclic}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	mm	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.33	22.63	96	399.61	363.79	35.83	22.63	20.60	2.03	0.126815	0.093936	0.110375	0.000364	56.52
	21.33	22.53	97	397.78	361.95	35.83	22.53	20.50	2.03	0.127326	0.093068	0.110197	0.000364	56.33
	21.33	22.74	98	401.45	364.70	36.75	22.74	20.65	2.08	0.127326	0.095020	0.111173	0.000367	56.26
	21.32	22.79	99	402.37	367.46	34.91	22.79	20.81	1.98	0.126559	0.093719	0.110139	0.000364	57.22
	21.33	23.10	100	407.88	369.30	38.38	23.10	20.91	2.19	0.129116	0.094804	0.111960	0.000370	56.57
Promedio de la columna	21.33	22.76		401.82	365.44	36.38	22.76	20.70	2.06	0.127428	0.094109	0.110769	0.000366	56.58
Desviación Estandar				3.82	2.93	1.39	0.22	0.17	0.08	0.001000	0.000784	0.000803	0.000003	0.38
Serie 2	21.39	45.63	96	805.66	731.25	74.41	45.63	41.41	4.21	0.193290	0.149907	0.171598	0.000567	73.08
	21.41	45.58	97	804.74	731.25	73.49	45.58	41.41	4.16	0.192779	0.148822	0.170800	0.000564	73.42
	21.41	45.58	98	804.74	731.25	73.49	45.58	41.41	4.16	0.192523	0.148256	0.170889	0.000564	73.39
	21.39	45.73	99	807.49	733.08	74.41	45.73	41.52	4.21	0.194057	0.149907	0.171982	0.000568	73.10
	21.38	45.47	100	802.90	731.25	71.65	45.47	41.41	4.06	0.193034	0.148605	0.170820	0.000564	73.42
Promedio de la columna	21.40	45.60		805.11	731.61	73.49	45.60	41.43	4.16	0.193137	0.149299	0.171218	0.000565	73.28
Desviación Estandar				1.67	0.82	1.13	0.09	0.05	0.06	0.000589	0.000602	0.000541	0.000002	0.17
Serie 3	22.01	68.36	96	1207.11	1101.46	105.64	68.36	62.38	5.98	0.237522	0.189607	0.213564	0.000705	88.45
	22.01	67.79	97	1197.00	1092.28	104.73	67.79	61.86	5.93	0.235732	0.187655	0.211693	0.000699	88.49
	22.03	67.84	98	1197.92	1090.44	107.48	67.84	61.76	6.09	0.234454	0.187221	0.210837	0.000696	88.70
	22.02	68.00	99	1200.68	1095.03	105.64	68.00	62.02	5.98	0.235476	0.188088	0.211782	0.000699	88.67
	22.01	68.10	100	1202.51	1096.87	105.64	68.10	62.12	5.98	0.238305	0.188305	0.212019	0.000700	88.72
Promedio de la columna	22.01	68.02		1201.04	1095.22	105.83	68.02	62.03	5.99	0.235783	0.188175	0.211979	0.000700	88.61
Desviación Estandar				4.04	4.28	1.01	0.23	0.24	0.06	0.001106	0.000902	0.000992	0.000003	0.13
Serie 4	34.69	37.88	96	668.78	608.15	60.63	37.88	34.44	3.43	0.137553	0.107169	0.122361	0.000404	85.24
	34.66	37.93	97	669.70	610.90	58.79	37.93	34.60	3.33	0.137809	0.108254	0.123031	0.000406	85.16
	34.66	37.98	98	670.62	610.90	59.71	37.98	34.60	3.38	0.138831	0.108905	0.123868	0.000409	84.58
	34.68	37.62	99	664.18	603.55	60.63	37.62	34.18	3.43	0.136275	0.107169	0.121722	0.000402	85.04
	34.68	37.82	100	667.86	609.07	58.79	37.82	34.49	3.33	0.137809	0.106952	0.123880	0.000404	85.35
Promedio de la columna	34.67	37.84		668.23	608.51	59.71	37.84	34.46	3.38	0.137655	0.107690	0.122673	0.000405	85.07
Desviación Estandar				2.48	3.02	0.92	0.14	0.17	0.05	0.000915	0.000849	0.000813	0.000003	0.30
Serie 5	34.98	75.59	96	1334.80	1213.54	121.26	75.59	68.73	6.87	0.214511	0.174421	0.194466	0.000642	107.02
	34.98	75.65	97	1335.72	1215.37	120.34	75.65	68.83	6.82	0.215534	0.173987	0.194760	0.000643	107.02
	34.96	75.85	98	1339.39	1219.05	120.34	75.85	69.04	6.82	0.215789	0.174204	0.194977	0.000644	107.21
	34.96	76.27	99	1336.64	1218.13	118.51	76.27	68.99	6.71	0.216045	0.173987	0.195016	0.000644	107.12
	34.95	75.65	100	1335.72	1217.21	118.51	75.65	68.94	6.71	0.214767	0.174638	0.194702	0.000643	107.21
Promedio de la columna	34.96	75.69		1336.45	1216.66	119.79	75.69	68.90	6.78	0.215329	0.174248	0.194788	0.000643	107.12
Desviación Estandar				1.77	2.21	1.23	0.10	0.13	0.07	0.000662	0.000283	0.000228	0.000001	0.10
Serie 6	34.89	113.11	96	1997.15	1822.60	174.54	113.11	103.22	9.89	0.278430	0.229741	0.254085	0.000839	123.02
	34.89	113.26	97	1999.90	1822.60	177.30	113.26	103.38	9.89	0.279197	0.230175	0.254686	0.000841	122.91
	34.87	113.42	98	2002.66	1825.36	177.30	113.42	103.38	10.04	0.279197	0.229524	0.254360	0.000840	123.07
	34.89	113.31	99	2000.82	1825.36	175.46	113.31	103.27	10.04	0.279197	0.229741	0.254469	0.000840	122.90
	34.87	113.68	100	2007.28	1829.95	177.30	113.68	103.74	9.94	0.278941	0.229958	0.254450	0.000840	123.07
Promedio de la columna	34.88	113.36		2001.56	1825.18	176.38	113.36	103.40	9.96	0.278828	0.229741	0.254410	0.000840	123.07
Desviación Estandar				3.75	3.00	1.30	0.21	0.20	0.08	0.000247	0.000217	0.000001	0.000001	0.23
Serie 7	68.14	76.17	96	1344.90	1215.37	129.53	76.17	68.83	7.34	0.162353	0.134287	0.148320	0.000490	140.53
	68.14	76.17	97	1344.90	1215.37	130.45	76.17	68.78	7.39	0.162609	0.135372	0.148990	0.000492	139.29
	68.16	76.27	98	1346.74	1215.37	131.37	76.27	68.83	7.44	0.162865	0.136259	0.149552	0.000494	139.57
	68.13	76.11	99	1343.99	1213.54	130.45	76.11	68.73	7.39	0.162865	0.136456	0.149661	0.000494	139.06
	68.13	76.11	100	1343.99	1216.29	127.69	76.11	68.88	7.23	0.163632	0.135155	0.149393	0.000493	139.63
Promedio de la columna	68.14	76.17		1344.90	1215.01	129.90	76.17	68.81	7.36	0.16	0.135502	0.149183	0.000493	139.68
Desviación Estandar				1.13	1.05	1.39	0.06	0.06	0.08	0.00	0.000876	0.000545	0.000002	0.55
Serie 8	68.38	150.88	96	2664.09	2431.67	232.42	150.88	137.71	13.16	0.277918	0.231477	0.254698	0.000841	163.73
	68.38	150.98	97	2665.92	2433.51	232.42	150.98	137.82	13.16	0.278685	0.230826	0.254756	0.000841	163.82
	68.38	150.93	98	2665.01	2433.51	231.50	150.93	137.77	13.16	0.278174	0.230609	0.254392	0.000840	163.99
	68.40	151.03	99	2666.84	2436.26	230.58	151.03	137.92	13.11	0.278685	0.231477	0.255081	0.000842	163.74
	68.40	150.72	100	2661.33	2427.99	233.34	150.72	137.66	13.06	0.274407	0.230609	0.254008	0.000839	163.86
Promedio de la columna	68.39	150.91		2664.64	2432.59	232.05	150.91	137.78	13.13	0.278174	0.231000	0.254887	0.000841	163.88
Desviación Estandar				2.11	3.05	1.05	0.12	0.10	0.05	0.000542	0.000445	0.000406	0.000001	0.17
Serie 9	68.10	225.69	96	3985.11	3642.45	342.66	225.69	206.29	19.41	0.383256	0.316301	0.349779	0.001155	178.59
	68.08	225.64	97	3984.19	3639.69	344.49	225.64	206.13	19.51	0.383512	0.315867	0.349690	0.001155	178.50
	68.08	225.43	98	3980.51	3639.69	340.82	225.43	206.13	19.30	0.384023	0.317169	0.350596	0.001158	178.04
	68.07	225.64	99	3984.19	3640.61	343.58	225.64	206.18	19.46	0.384279	0.317386	0.350832	0.001159	177.96
	68.07	225.85	100	3987.86	3647.04	340.82	225.85	206.55	19.30	0.384790	0.317603	0.351196	0.001160	178.09
Promedio de la columna	68.08	225.65		3984.37	3641.90	342.47	225.65	206.25	19.40	0.383972	0.316865	0.350419	0.001157	178.24
Desviación Estandar				2.63	3.09	1.64	0.15	0.17	0.09	0.000610	0.000745	0.000661	0.000002	0.29
Serie 10	103.29	76.27	96	1346.74	1215.37	131.37	76.27	68.83	7.44	0.147013	0.121238	0.134576	0.000444	154.88
	103.30	76.43	97	1349.50	1218.13	131.37	76.43	68.99	7.44	0.147269	0.121921	0.134595	0.000444	155.21
	103.27	76.48	98	1350.42	1219.97	130.45	76.48	69.09	7.39	0.147013	0.121921	0.134667	0.000444	

Anexo 6-12 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 6 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 19-may-15
MUESTRA: # 6 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.18 mm
D = 149.82 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	Ci	P _{max}	P _{efectivo}	P _{contacto}	σ_d	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H ₁	H ₂	H _{promedio}	ϵ_r	Mr
Unidades	Kpa	Kpa	—	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.65	22.77	96	401.45	365.62	35.83	22.77	20.74	2.03	0.096134	0.101095	0.098614	0.000325	63.76
	21.65	22.67	97	399.61	363.79	35.83	22.67	20.64	2.03	0.096645	0.100444	0.098545	0.000325	63.49
	21.66	22.77	98	401.45	366.54	34.91	22.77	20.79	1.98	0.095622	0.100661	0.098142	0.000324	64.23
	21.65	22.82	99	402.37	366.54	35.83	22.82	20.79	2.03	0.096134	0.100444	0.098289	0.000324	64.13
	21.63	22.72	100	401.53	365.62	34.91	22.72	20.74	1.98	0.096389	0.101312	0.098851	0.000326	63.61
Promedio de la columna	21.65	22.78		401.08	365.62	35.46	22.78	20.74	2.01	0.096185	0.100791	0.098488	0.000325	63.84
Desviación Estandar				1.05	1.13	0.50	0.06	0.06	0.03	0.000379	0.000394	0.000278	0.000001	0.33
Serie 2	21.65	45.34	96	799.23	730.33	68.90	45.34	41.43	3.91	0.165166	0.152944	0.159055	0.000525	78.97
	21.63	45.49	97	801.98	731.25	70.74	45.49	41.48	4.01	0.164654	0.152510	0.158582	0.000523	79.30
	21.65	45.39	98	800.14	730.33	69.82	45.39	41.43	3.96	0.164399	0.152727	0.158563	0.000523	79.21
	21.65	45.23	99	797.39	728.49	68.90	45.23	41.32	3.91	0.164143	0.152510	0.158327	0.000522	79.13
	21.66	45.39	100	800.14	731.25	68.90	45.39	41.48	3.91	0.163887	0.152293	0.158090	0.000521	79.55
Promedio de la columna	21.65	45.37		799.78	730.33	69.45	45.37	41.43	3.94	0.164450	0.152597	0.158523	0.000523	79.23
Desviación Estandar				1.67	1.13	0.82	0.09	0.06	0.05	0.000492	0.000247	0.000358	0.000001	0.22
Serie 3	21.57	68.11	96	1200.68	1092.28	108.40	68.11	61.96	6.15	0.215534	0.202136	0.200667	0.000627	92.93
	21.59	68.37	97	1205.27	1096.87	108.40	68.37	62.22	6.15	0.216045	0.202175	0.200667	0.000627	93.30
	21.59	68.26	98	1203.43	1094.11	109.32	68.26	62.06	6.20	0.214511	0.201083	0.200663	0.000627	93.57
	21.57	68.16	99	1201.60	1094.11	107.48	68.16	62.06	6.10	0.215022	0.201989	0.200666	0.000627	93.15
	21.59	68.16	100	1201.60	1095.95	105.64	68.16	62.17	5.99	0.215789	0.202421	0.200670	0.000627	92.74
Promedio de la columna	21.58	68.21		1202.51	1094.66	107.85	68.21	62.09	6.12	0.215380	0.202125	0.200667	0.000627	93.14
Desviación Estandar				1.84	1.79	1.39	0.10	0.10	0.08	0.000616	0.001134	0.000767	0.000003	0.32
Serie 4	34.51	37.94	96	668.78	609.07	59.71	37.94	34.55	3.39	0.121190	0.114545	0.117867	0.000389	88.87
	34.53	37.94	97	668.78	609.07	59.71	37.94	34.55	3.39	0.121190	0.114111	0.117651	0.000388	89.03
	34.50	37.99	98	669.70	608.15	61.55	37.99	34.50	3.49	0.122212	0.113804	0.118053	0.000389	88.59
	34.50	37.94	99	668.78	608.15	60.63	37.94	34.50	3.44	0.120678	0.113461	0.117069	0.000386	89.34
	34.50	37.99	100	669.70	607.23	62.47	37.99	34.44	3.54	0.120678	0.113244	0.116961	0.000386	89.29
Promedio de la columna	34.51	37.96		669.15	608.33	60.81	37.96	34.51	3.45	0.121190	0.113851	0.117520	0.000388	89.02
Desviación Estandar				0.50	0.77	1.20	0.03	0.04	0.07	0.000626	0.000518	0.000484	0.000002	0.31
Serie 5	34.36	75.82	96	1336.64	1215.37	121.26	75.82	68.94	6.88	0.203773	0.177241	0.190507	0.000628	109.72
	34.36	75.77	97	1335.72	1213.54	122.18	75.77	68.84	6.93	0.203006	0.176807	0.189907	0.000626	109.90
	34.38	75.82	98	1336.64	1214.46	122.18	75.82	68.89	6.93	0.203261	0.175940	0.189601	0.000625	110.16
	34.39	75.82	99	1336.64	1214.46	122.18	75.82	68.89	6.93	0.204028	0.176591	0.190309	0.000628	109.75
	34.38	75.82	100	1336.64	1215.37	122.18	75.82	68.89	6.93	0.203261	0.176591	0.190309	0.000628	109.75
Promedio de la columna	34.38	75.81		1336.45	1214.64	121.81	75.81	68.90	6.91	0.203466	0.176721	0.190093	0.000627	109.89
Desviación Estandar				0.41	0.77	0.50	0.02	0.04	0.03	0.000420	0.000499	0.000353	0.000001	0.18
Serie 6	34.75	112.97	96	1991.63	1819.85	171.79	112.97	103.23	9.74	0.275362	0.233212	0.254287	0.000839	123.08
	34.74	113.13	97	1994.39	1822.60	171.79	113.13	103.39	9.74	0.274595	0.232927	0.254446	0.000839	123.19
	34.72	113.18	98	1995.31	1823.52	171.79	113.18	103.44	9.74	0.275106	0.233646	0.254376	0.000839	123.28
	34.72	113.18	99	1995.31	1824.44	170.87	113.18	103.44	9.74	0.274595	0.233212	0.253903	0.000837	123.51
	34.74	112.97	100	1991.63	1819.85	171.79	112.97	103.28	9.69	0.274850	0.232995	0.253923	0.000838	123.32
Promedio de la columna	34.73	113.09		1993.66	1822.05	171.60	113.09	103.35	9.73	0.27	0.233473	0.254187	0.000838	123.28
Desviación Estandar				1.88	2.11	0.41	0.11	0.09	0.02	0.00	0.000518	0.000256	0.000001	0.16
Serie 7	68.08	75.92	96	1338.47	1211.70	126.77	75.92	68.73	7.19	0.161331	0.140795	0.151063	0.000498	137.95
	68.08	75.98	97	1339.39	1212.62	126.77	75.98	68.79	7.19	0.161075	0.141012	0.151044	0.000498	138.07
	68.10	76.13	98	1342.15	1215.37	126.77	76.13	68.94	7.19	0.162098	0.141663	0.151880	0.000501	137.62
	68.11	75.87	99	1337.56	1210.78	126.77	75.87	68.68	7.19	0.161586	0.141012	0.151299	0.000499	137.63
	68.11	76.08	100	1341.23	1214.46	126.77	76.08	68.89	7.19	0.161075	0.141229	0.151522	0.000499	138.18
Promedio de la columna	68.10	76.00		1339.76	1212.99	126.77	76.00	68.81	7.19	0.16	0.141142	0.151288	0.000499	137.89
Desviación Estandar				1.90	1.90	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.000329	0.000346	0.000001	0.26
Serie 8	67.89	150.86	96	2659.49	2432.59	226.91	150.86	137.99	12.87	0.282776	0.237117	0.259947	0.000857	160.94
	67.90	150.60	97	2654.90	2427.08	227.83	150.60	137.73	12.87	0.282009	0.236466	0.259238	0.000855	161.07
	67.89	150.86	98	2659.49	2433.51	225.99	150.86	137.94	12.92	0.282009	0.236900	0.259455	0.000856	161.18
	67.87	150.81	99	2658.58	2430.75	227.83	150.81	137.99	12.82	0.282009	0.236900	0.259455	0.000856	161.24
	67.86	150.75	100	2657.66	2427.99	229.66	150.75	137.83	12.92	0.281498	0.236683	0.259091	0.000855	161.29
Promedio de la columna	67.88	150.78		2658.02	2430.38	227.64	150.78	137.89	12.88	0.282000	0.236814	0.259437	0.000856	161.14
Desviación Estandar				1.90	2.80	1.36	0.11	0.11	0.04	0.000457	0.000247	0.000324	0.000001	0.14
Serie 9	68.11	225.38	96	3973.16	3637.86	335.31	225.38	206.36	19.02	0.393739	0.324111	0.358925	0.001184	174.31
	68.10	225.27	97	3971.33	3636.02	335.31	225.27	206.25	19.02	0.393995	0.323894	0.358944	0.001184	174.21
	68.10	225.32	98	3972.24	3637.86	334.39	225.32	206.36	19.02	0.393739	0.324111	0.358925	0.001184	174.31
	68.11	225.53	99	3975.92	3639.69	336.23	225.53	206.46	19.07	0.393739	0.324545	0.359142	0.001185	174.29
	68.11	225.48	100	3975.00	3638.78	336.23	225.48	206.41	19.07	0.394506	0.324111	0.359308	0.001185	174.16
Promedio de la columna	68.11	225.40		3973.53	3638.04	335.49	225.40	206.37	19.03	0.393943	0.324154	0.359049	0.001184	174.25
Desviación Estandar				1.90	1.36	0.77	0.11	0.08	0.04	0.000333	0.000238	0.000172	0.000001	0.06
Serie 10	103.09	76.13	96	1342.15	1213.54	128.61	76.13	68.84	7.30	0.144712	0.128863	0.136788	0.000451	152.57
	103.06	76.18	97	1343.07	1215.37	127.69	76.18	68.94	7.24	0.145223	0.128646	0.136935	0.000452	152.64
	103.07	76.29	98	1344.90	1217.22	127.69	76.29	69.05	7.24	0.145735	0.129080	0.137407	0.000453	152.34
	103.07	76.08	99	1341.23	1212.62	128.61	76.08	68.79	7.30	0.145735	0.129080	0.137407	0.000453	151.77
	103.07	76.18	100	1343.07	1214.46	128.61	76.18	68.89	7.30	0.145223	0.128646	0.136935	0.000452	152.64
Promedio de la columna	103.07	76.17		1342.88	1214.64	128.24	76.17	68.90	7.27	0.15	0.129080	0.137203	0.000453	152.25
Desviación Estandar				1.36	1.77	0.50	0.08	0.10	0.03	0.00	0.000406	0.000317	0.000001	0.39
Serie 11	102.62	113.13</												

Anexo 6-13 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 7 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 23-may-15
MUESTRA: # 7 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.41 mm
D = 149.03 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	$P_{ciclico}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	c_r	M_r
Unidades	KPa	KPa	N	N	N	N	KPa	KPa	KPa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.78	22.59	96	394.10	359.19	34.91	22.59	20.59	2.05	0.102770	0.097190	0.099730	0.000329	62.65
	21.78	22.80	97	397.78	361.95	35.83	22.80	20.75	2.05	0.102781	0.098708	0.100745	0.000332	62.49
	21.77	22.65	98	395.02	357.36	37.66	22.65	20.49	2.16	0.101503	0.097190	0.099346	0.000327	62.57
	21.78	22.70	99	395.94	359.19	36.75	22.70	20.59	2.11	0.103548	0.097841	0.100694	0.000332	62.05
	21.78	23.07	100	402.37	366.54	35.83	23.07	21.01	2.05	0.103804	0.098275	0.101039	0.000333	63.10
Promedio de la columna	21.78	22.76		397.04	360.85	36.19	22.76	20.69	2.07	0.102781	0.097841	0.100311	0.000331	62.57
Desviación Estandar				3.27	3.58	1.05	0.19	0.21	0.06	0.000939	0.000669	0.000730	0.000002	0.38
Serie 2	21.38	45.55	96	794.63	722.98	71.65	45.55	41.45	4.11	0.167211	0.155981	0.161596	0.000533	77.82
	21.36	45.61	97	795.55	724.82	70.74	45.61	41.55	4.06	0.167978	0.156198	0.162088	0.000534	77.78
	21.35	45.61	98	795.55	724.82	70.74	45.61	41.55	4.06	0.167723	0.156415	0.162069	0.000534	77.79
	21.36	45.45	99	792.80	723.90	68.90	45.45	41.50	3.95	0.168234	0.155547	0.161891	0.000534	77.78
	21.38	45.40	100	791.88	722.98	68.90	45.40	41.45	3.95	0.166956	0.155547	0.161251	0.000531	77.99
Promedio de la columna	21.37	45.52		794.08	723.90	70.18	45.52	41.50	4.02	0.167620	0.155938	0.161779	0.000533	77.83
Desviación Estandar				1.67	0.92	1.23	0.10	0.05	0.07	0.000530	0.000388	0.000355	0.000001	0.09
Serie 3	21.99	68.25	96	1190.57	1084.01	106.56	68.25	62.14	6.11	0.213744	0.197634	0.205689	0.000678	91.67
	21.99	68.31	97	1191.49	1084.93	106.56	68.31	62.20	6.11	0.214000	0.197417	0.205708	0.000678	91.74
	21.99	68.20	98	1189.65	1084.01	105.64	68.20	62.14	6.06	0.212721	0.197200	0.204961	0.000676	91.99
	21.96	68.62	99	1197.00	1090.44	106.56	68.62	62.51	6.11	0.213744	0.197851	0.205797	0.000678	92.16
	21.95	68.46	100	1194.23	1086.76	106.56	68.46	62.38	6.16	0.213488	0.197590	0.205339	0.000677	91.91
Promedio de la columna	21.98	68.37		1192.59	1086.03	106.56	68.37	62.26	6.11	0.213488	0.197590	0.205339	0.000677	91.91
Desviación Estandar				3.00	2.71	0.65	0.17	0.16	0.04	0.000511	0.000283	0.000336	0.000001	0.20
Serie 4	34.63	37.71	96	657.75	595.29	62.47	37.71	34.13	3.58	0.122468	0.114111	0.118290	0.000390	87.53
	34.63	37.87	97	660.51	600.80	59.71	37.87	34.44	3.42	0.120934	0.113027	0.116980	0.000386	89.33
	34.63	38.02	98	663.27	606.31	56.96	38.02	34.76	3.27	0.121957	0.114111	0.118034	0.000389	89.35
	34.63	37.81	99	659.59	598.96	60.63	37.81	34.34	3.48	0.122979	0.113894	0.118437	0.000390	87.96
	34.63	38.08	100	664.18	604.47	59.71	38.08	34.65	3.42	0.123235	0.115413	0.119324	0.000393	88.11
Promedio de la columna	34.63	37.90		661.06	601.17	59.90	37.90	34.46	3.43	0.122315	0.114111	0.118213	0.000390	88.46
Desviación Estandar				2.65	4.39	1.99	0.15	0.25	0.11	0.000915	0.000854	0.000843	0.000003	0.83
Serie 5	35.00	75.47	96	1316.43	1199.76	116.67	75.47	68.78	6.69	0.199426	0.184183	0.191805	0.000632	108.80
	35.01	75.73	97	1321.02	1203.43	117.59	75.73	68.99	6.74	0.200449	0.184617	0.192533	0.000635	108.72
	34.99	75.68	98	1320.10	1201.60	118.51	75.68	68.88	6.79	0.199171	0.183533	0.191352	0.000631	109.23
	34.99	75.84	99	1322.86	1205.27	117.59	75.84	69.10	6.74	0.199171	0.184400	0.191785	0.000632	109.31
	34.99	75.31	100	1313.67	1197.00	116.67	75.31	68.62	6.69	0.198915	0.184400	0.191658	0.000632	108.63
Promedio de la columna	35.00	75.60		1318.82	1201.40	117.40	75.60	68.87	6.73	0.199426	0.184227	0.191827	0.000632	108.94
Desviación Estandar				3.71	3.21	0.77	0.21	0.18	0.04	0.000600	0.000417	0.000435	0.000001	0.31
Serie 6	34.89	113.39	96	1977.86	1804.23	173.62	113.39	103.43	9.95	0.267436	0.243490	0.255422	0.000842	122.87
	34.87	113.44	97	1978.77	1801.47	177.30	113.44	103.48	9.95	0.266924	0.244276	0.255600	0.000842	122.84
	34.87	113.28	98	1976.02	1801.47	174.54	113.28	103.12	10.16	0.266669	0.243626	0.255147	0.000841	122.62
	34.87	113.44	99	1978.77	1801.47	177.30	113.44	103.43	10.01	0.268203	0.244710	0.256456	0.000845	122.37
	34.87	113.70	100	1983.37	1808.82	174.54	113.70	103.54	10.16	0.267947	0.244710	0.256329	0.000845	122.56
Promedio de la columna	34.88	113.45		1978.96	1803.50	174.66	113.45	103.40	10.05	0.267436	0.244166	0.255791	0.000843	122.65
Desviación Estandar				2.71	3.21	1.72	0.16	0.16	0.11	0.00	0.000606	0.000574	0.000002	0.21
Serie 7	68.05	76.20	96	1329.29	1203.43	125.86	76.20	68.99	7.21	0.158007	0.146436	0.152221	0.000502	137.51
	68.04	76.42	97	1332.96	1207.11	125.86	76.42	69.20	7.21	0.159030	0.146219	0.152624	0.000503	137.57
	68.05	76.05	98	1326.53	1199.76	126.77	76.05	68.78	7.27	0.158518	0.146436	0.152477	0.000503	136.86
	68.03	76.26	99	1330.21	1203.43	126.77	76.26	68.99	7.27	0.158263	0.146002	0.152132	0.000501	137.59
	68.02	75.99	100	1325.61	1198.84	126.77	75.99	68.73	7.27	0.158007	0.145785	0.151896	0.000501	137.28
Promedio de la columna	68.04	76.18		1328.92	1202.51	126.41	76.18	68.94	7.25	0.16	0.146175	0.152270	0.000502	137.36
Desviación Estandar				2.95	3.31	0.50	0.17	0.19	0.03	0.00	0.000283	0.000287	0.000001	0.31
Serie 8	68.23	150.72	96	2629.18	2401.35	227.83	150.72	137.66	13.06	0.274339	0.250785	0.262562	0.000865	159.08
	68.23	150.78	97	2630.10	2401.35	228.74	150.78	137.72	13.06	0.273572	0.249917	0.261744	0.000863	159.64
	68.23	150.88	98	2631.93	2403.19	228.74	150.88	137.77	13.11	0.275362	0.251435	0.263398	0.000868	158.70
	68.25	150.88	99	2631.93	2403.19	228.74	150.88	137.77	13.11	0.274083	0.251002	0.262542	0.000865	159.22
	68.23	150.72	100	2629.18	2402.27	226.91	150.72	137.61	13.11	0.274339	0.250785	0.262562	0.000865	159.02
Promedio de la columna	68.24	150.80		2630.46	2402.27	228.19	150.80	137.71	13.09	0.274339	0.250785	0.262562	0.000865	159.13
Desviación Estandar				1.39	0.92	0.82	0.08	0.07	0.03	0.000652	0.000553	0.000585	0.000002	0.34
Serie 9	68.32	224.77	96	3920.80	3586.41	334.39	224.77	205.60	19.17	0.384023	0.350578	0.367301	0.001211	169.84
	68.34	224.98	97	3924.48	3591.01	333.47	224.98	205.86	19.12	0.385557	0.350578	0.368068	0.001213	169.70
	68.35	224.77	98	3920.80	3588.25	332.55	224.77	205.71	19.06	0.385046	0.350578	0.367812	0.001212	169.69
	68.38	224.98	99	3924.48	3591.01	333.47	224.98	205.86	19.12	0.385813	0.350578	0.368195	0.001214	169.64
	68.40	225.09	100	3926.31	3592.84	333.47	225.09	205.97	19.12	0.384023	0.349493	0.366758	0.001209	170.39
Promedio de la columna	68.36	224.92		3923.37	3589.90	333.47	224.92	205.80	19.12	0.384893	0.350361	0.367627	0.001212	169.88
Desviación Estandar				2.46	2.55	0.65	0.14	0.15	0.04	0.000840	0.000485	0.000594	0.000002	0.31
Serie 10	102.83	76.15	96	1328.37	1202.51	125.86	76.15	68.94	7.21	0.144456	0.134287	0.139372	0.000459	150.08
	102.80	76.26	97	1330.21	1201.60	126.61	76.26	68.88	7.37	0.144456	0.134938	0.139697	0.000460	149.61
	102.82	76.20	98	1329.29	1200.68	126.61	76.20	68.83	7.37	0.144200	0.134721	0.139461	0.000460	

Anexo 6-14 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 8 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 27-may-15
MUESTRA: # 8 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.55 mm
D = 149.69 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	$P_{efectivo}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.26	22.56	96	394.10	359.19	34.91	22.56	20.56	2.00	0.137042	0.085692	0.111367	0.000370	56.05
	21.26	22.83	97	398.69	361.95	36.75	22.83	20.72	2.10	0.138320	0.086560	0.112440	0.000370	55.94
	21.26	22.77	98	397.78	362.87	34.91	22.77	20.77	2.00	0.138576	0.086433	0.112459	0.000370	56.07
	21.27	22.67	99	395.94	359.19	36.75	22.67	20.56	2.10	0.137553	0.085692	0.111622	0.000368	55.92
	21.26	22.77	100	397.78	361.03	36.75	22.77	20.67	2.10	0.137553	0.085909	0.111731	0.000368	56.15
Promedio de la columna	21.26	22.72		396.86	360.85	36.01	22.72	20.66	2.06	0.137809	0.086039	0.111924	0.000369	56.03
Desviación Estandar				1.84	1.64	1.01	0.11	0.09	0.06	0.000626	0.000394	0.000498	0.000002	0.10
Serie 2	21.75	45.49	96	794.63	723.90	70.74	45.49	41.44	4.05	0.207352	0.139710	0.173531	0.000572	72.49
	21.74	45.34	97	791.88	721.14	70.74	45.34	41.29	4.05	0.207352	0.140578	0.173965	0.000573	72.04
	21.75	45.18	98	789.12	720.22	68.90	45.18	41.23	3.94	0.204795	0.140154	0.172470	0.000568	72.57
	21.74	45.44	99	793.71	722.98	70.74	45.44	41.39	4.05	0.206841	0.141012	0.173926	0.000573	72.24
	21.74	45.39	100	792.80	722.06	70.74	45.39	41.34	4.05	0.207352	0.141012	0.174182	0.000574	72.04
Promedio de la columna	21.74	45.37		792.43	722.06	70.37	45.37	41.34	4.03	0.206738	0.140491	0.173615	0.000572	72.28
Desviación Estandar				2.11	1.45	0.82	0.12	0.08	0.05	0.001109	0.000566	0.000682	0.000002	0.25
Serie 3	21.69	68.11	96	1189.65	1084.01	105.64	68.11	62.06	6.05	0.250050	0.185268	0.217659	0.000717	86.55
	21.68	68.27	97	1192.41	1086.76	105.64	68.27	62.22	6.05	0.251072	0.186353	0.218713	0.000721	86.35
	21.66	68.32	98	1193.33	1087.68	105.64	68.32	62.27	6.05	0.250561	0.186353	0.218457	0.000720	86.53
	21.69	68.21	99	1191.49	1084.93	106.56	68.21	62.11	6.10	0.251072	0.185919	0.218496	0.000720	86.29
	21.66	68.21	100	1191.49	1084.93	106.56	68.21	62.11	6.10	0.248771	0.185919	0.217345	0.000716	86.75
Promedio de la columna	21.68	68.22		1191.67	1085.66	106.01	68.22	62.15	6.07	0.250305	0.185962	0.218134	0.000719	86.49
Desviación Estandar				1.36	1.51	0.50	0.08	0.09	0.03	0.000957	0.000445	0.000595	0.000002	0.18
Serie 4	34.65	37.87	96	661.43	601.72	59.71	37.87	34.45	3.42	0.146246	0.100878	0.123562	0.000407	84.63
	34.68	37.97	97	663.27	603.55	59.71	37.97	34.55	3.42	0.147013	0.101529	0.124271	0.000409	84.40
	34.71	37.97	98	663.27	603.55	59.71	37.97	34.55	3.42	0.146757	0.101529	0.124143	0.000409	84.49
	34.75	37.87	99	661.43	602.63	58.79	37.87	34.50	3.37	0.145223	0.101312	0.123267	0.000406	84.96
	34.77	38.08	100	665.10	606.31	58.79	38.08	34.71	3.37	0.147780	0.101746	0.124763	0.000411	84.45
Promedio de la columna	34.71	37.95		662.90	603.55	59.34	37.95	34.55	3.40	0.146604	0.101399	0.124001	0.000409	84.59
Desviación Estandar				1.54	1.72	0.50	0.09	0.10	0.03	0.000950	0.000329	0.000592	0.000002	0.22
Serie 5	34.86	75.47	96	1318.26	1203.43	114.83	75.47	68.90	6.57	0.228317	0.174204	0.201261	0.000663	103.91
	34.86	75.47	97	1318.26	1201.60	116.67	75.47	68.79	6.68	0.228062	0.173987	0.201024	0.000662	103.88
	34.86	75.52	98	1319.18	1202.51	116.67	75.52	68.84	6.68	0.228062	0.173356	0.200699	0.000661	104.12
	34.87	75.61	99	1321.02	1203.43	115.79	75.61	68.90	6.73	0.228062	0.174221	0.201241	0.000663	103.92
	34.87	75.47	100	1318.26	1202.51	115.75	75.47	68.84	6.63	0.228062	0.173987	0.201024	0.000662	103.96
Promedio de la columna	34.86	75.51		1319.00	1202.70	116.30	75.51	68.86	6.66	0.228113	0.173987	0.201050	0.000662	103.96
Desviación Estandar				1.20	0.77	1.05	0.07	0.04	0.06	0.000114	0.000406	0.000227	0.000001	0.10
Serie 6	34.71	113.34	96	1979.69	1806.99	172.71	113.34	103.45	9.89	0.294793	0.237117	0.265955	0.000876	118.07
	34.69	113.39	97	1980.61	1806.07	174.54	113.39	103.50	9.89	0.295049	0.237117	0.266083	0.000877	118.08
	34.69	113.55	98	1983.37	1808.82	174.54	113.55	103.56	9.99	0.296583	0.237985	0.267284	0.000881	117.61
	34.68	113.02	99	1974.18	1800.56	173.62	113.02	103.03	9.99	0.295304	0.237117	0.266211	0.000877	117.48
	34.69	113.44	100	1981.53	1806.99	174.54	113.44	103.50	9.94	0.294281	0.237985	0.266133	0.000877	118.05
Promedio de la columna	34.69	113.35		1979.88	1805.88	173.99	113.35	103.41	9.94	0.30	0.237464	0.266333	0.000877	117.86
Desviación Estandar				3.46	3.14	0.82	0.20	0.21	0.05	0.00	0.000475	0.000540	0.000002	0.29
Serie 7	68.31	76.00	96	1327.45	1203.43	124.02	76.00	68.90	7.10	0.172069	0.135155	0.153612	0.000506	136.15
	68.32	75.89	97	1325.61	1201.60	124.02	75.89	68.79	7.10	0.172580	0.134938	0.153759	0.000507	135.81
	68.32	76.10	98	1329.20	1203.43	125.86	76.10	68.90	7.21	0.171813	0.135155	0.153484	0.000506	136.26
	68.31	76.05	99	1328.37	1205.27	123.10	76.05	69.00	7.05	0.173347	0.134938	0.154143	0.000508	135.88
	68.32	75.68	100	1321.94	1198.84	123.10	75.68	68.63	7.05	0.173347	0.134721	0.154034	0.000507	135.25
Promedio de la columna	68.32	75.94		1326.53	1202.51	124.02	75.94	68.84	7.10	0.17	0.134981	0.153806	0.000507	135.87
Desviación Estandar				2.91	2.43	1.13	0.17	0.14	0.06	0.00	0.000182	0.000278	0.000001	0.39
Serie 8	67.98	150.47	96	2628.26	2405.95	222.31	150.47	137.74	12.73	0.291469	0.239504	0.265486	0.000875	157.49
	67.98	150.57	97	2630.10	2406.86	223.23	150.57	137.85	12.73	0.290958	0.240154	0.265556	0.000875	157.57
	67.99	150.47	98	2628.26	2404.11	224.15	150.47	137.69	12.78	0.289935	0.239721	0.264828	0.000872	157.82
	67.99	150.63	99	2631.02	2407.78	223.23	150.63	137.79	12.83	0.290191	0.239504	0.264847	0.000873	157.93
	68.01	150.68	100	2631.93	2406.86	225.07	150.68	137.80	12.78	0.290191	0.239504	0.264847	0.000873	158.05
Promedio de la columna	67.99	150.56		2629.91	2406.31	223.60	150.56	137.79	12.77	0.290549	0.239677	0.265113	0.000873	157.77
Desviación Estandar				1.64	1.39	1.05	0.09	0.08	0.04	0.000642	0.000283	0.000374	0.000001	0.24
Serie 9	68.18	225.47	96	3938.26	3604.79	333.47	225.47	206.38	19.09	0.397830	0.331270	0.364550	0.001201	171.84
	68.19	225.41	97	3937.34	3604.79	332.55	225.41	206.38	19.04	0.398852	0.331487	0.364550	0.001201	171.55
	68.20	225.36	98	3936.42	3602.95	333.47	225.36	206.27	19.09	0.397830	0.330836	0.364333	0.001200	171.86
	68.19	225.52	99	3939.17	3605.70	333.47	225.52	206.43	19.09	0.399364	0.330836	0.365100	0.001203	171.63
	68.17	225.47	100	3938.26	3605.70	332.55	225.47	206.43	19.04	0.398085	0.330619	0.364352	0.001200	171.98
Promedio de la columna	68.19	225.45		3937.89	3604.79	333.10	225.45	206.38	19.07	0.398392	0.331010	0.364701	0.001201	171.77
Desviación Estandar				1.05	1.13	0.50	0.06	0.06	0.03	0.000686	0.000356	0.000406	0.000001	0.18
Serie 10	102.98	76.05	96	1328.37	1201.60	126.77	76.05	68.79	7.26	0.156984	0.121270	0.139127	0.000458	150.09
	102.95	76.37	97	1333.88	1207.11	126.77	76.37	69.11	7.26	0.158518	0.121704	0.140111	0.000462	149.72
	102.95	76.26	98	1332.04	1205.27	126.77	76.26	69.00	7.26	0.156729	0.120620	0.138674	0.000457	151.04
	102.													

Anexo 6-15 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 9 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 28-may-15
MUESTRA: # 9 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.28 mm
D = 149.20 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_1	C_1	P_{max}	P_{cyclic}	$P_{contacto}$	σ_4	σ_{cyclic}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.35	22.80	96	398.69	362.87	35.83	22.80	20.75	2.05	0.152893	0.090031	0.121462	0.000400	51.82
	21.33	22.86	97	399.61	363.79	35.83	22.86	20.81	2.05	0.153660	0.091116	0.122388	0.000404	51.56
	21.33	22.59	98	395.02	360.11	34.91	22.59	20.60	2.00	0.151104	0.089597	0.120350	0.000397	51.90
	21.33	22.70	99	396.86	361.95	34.91	22.70	20.70	2.00	0.151615	0.089597	0.120606	0.000398	52.06
	21.33	22.86	100	399.61	364.70	34.91	22.86	20.86	2.00	0.153660	0.090899	0.122280	0.000403	51.74
Promedio de la columna	21.34	22.76		397.96	362.68	35.28	22.76	20.74	2.02	0.152587	0.090248	0.121417	0.000400	51.82
Desviación Estandar				1.99	1.77	0.50	0.11	0.10	0.03	0.001177	0.000720	0.000933	0.000003	0.19
Serie 2	21.38	45.45	96	794.63	722.98	71.65	45.45	41.35	4.10	0.228573	0.148388	0.188481	0.000621	66.54
	21.38	45.61	97	797.39	725.73	71.65	45.61	41.51	4.10	0.229084	0.147954	0.188519	0.000622	66.78
	21.36	45.66	98	798.31	725.73	72.57	45.66	41.51	4.15	0.229596	0.149907	0.189751	0.000626	66.35
	21.36	45.71	99	799.23	726.65	72.57	45.71	41.56	4.15	0.231641	0.150341	0.190991	0.000630	66.00
	21.38	45.77	100	800.14	727.87	72.57	45.77	41.61	4.15	0.230107	0.149473	0.189799	0.000626	66.50
Promedio de la columna	21.37	45.64		797.94	725.73	72.21	45.64	41.51	4.13	0.229800	0.149212	0.189506	0.000625	66.43
Desviación Estandar				2.11	1.72	0.50	0.12	0.10	0.03	0.001177	0.001011	0.001045	0.000003	0.29
Serie 3	21.32	68.04	96	1189.65	1087.68	101.97	68.04	62.21	5.83	0.274339	0.191560	0.232949	0.000768	80.99
	21.29	68.15	97	1191.49	1087.68	103.81	68.15	62.21	5.94	0.274083	0.191126	0.232694	0.000767	81.11
	21.30	68.15	98	1191.49	1088.60	102.89	68.15	62.26	5.88	0.274850	0.190692	0.232771	0.000768	81.13
	21.33	68.31	99	1194.25	1091.36	102.89	68.31	62.42	5.88	0.275362	0.191343	0.233352	0.000769	81.13
	21.30	68.25	100	1193.33	1090.44	102.89	68.25	62.37	5.88	0.274595	0.190692	0.232643	0.000767	81.31
Promedio de la columna	21.31	68.18		1192.04	1089.15	102.89	68.18	62.30	5.88	0.274646	0.191082	0.232864	0.000768	81.13
Desviación Estandar				1.79	1.67	0.65	0.10	0.10	0.04	0.000492	0.000388	0.000304	0.000001	0.11
Serie 4	34.78	38.25	96	668.78	604.47	64.31	38.25	34.57	3.68	0.155706	0.103915	0.129810	0.000428	80.78
	34.80	38.36	97	670.62	606.31	64.31	38.36	34.68	3.68	0.157240	0.105344	0.131337	0.000433	80.08
	34.77	38.20	98	667.86	602.63	65.22	38.20	34.47	3.73	0.150915	0.103062	0.130066	0.000429	80.37
	34.75	38.15	99	666.94	600.80	66.14	38.15	34.36	3.78	0.156473	0.104132	0.130302	0.000430	79.98
	34.77	37.99	100	664.18	599.88	64.31	37.99	34.31	3.68	0.155962	0.103481	0.129721	0.000428	80.22
Promedio de la columna	34.77	38.19		667.68	602.82	64.86	38.19	34.48	3.71	0.156319	0.104175	0.130247	0.000429	80.29
Desviación Estandar				2.38	2.63	0.82	0.14	0.15	0.05	0.000589	0.000742	0.000650	0.000002	0.31
Serie 5	34.66	76.03	96	1329.29	1206.19	123.10	76.03	68.99	7.04	0.242124	0.175289	0.208706	0.000688	100.25
	34.66	75.77	97	1324.69	1201.60	123.10	75.77	68.73	7.04	0.242635	0.175506	0.209071	0.000689	99.70
	34.66	75.82	98	1325.61	1204.35	121.26	75.82	68.89	6.94	0.243402	0.175940	0.209671	0.000691	99.64
	34.68	75.98	99	1328.37	1204.35	124.02	75.98	68.99	7.09	0.243147	0.176157	0.209652	0.000691	99.65
	34.69	75.66	100	1322.86	1202.51	120.34	75.66	68.78	6.88	0.242124	0.175289	0.208706	0.000688	99.95
Promedio de la columna	34.67	75.85		1326.16	1203.80	122.36	75.85	68.85	7.00	0.242686	0.175636	0.209161	0.000690	99.84
Desviación Estandar				2.65	1.79	1.51	0.15	0.10	0.09	0.000583	0.000394	0.000480	0.000002	0.26
Serie 6	34.53	113.02	96	1976.02	1808.82	167.19	113.02	103.46	9.56	0.314735	0.237985	0.276360	0.000911	113.54
	34.50	112.97	97	1975.10	1806.99	168.11	112.97	103.41	9.56	0.313968	0.237334	0.275651	0.000909	113.77
	34.53	113.23	98	1979.69	1809.74	169.95	113.23	103.62	9.62	0.314480	0.237551	0.276015	0.000910	113.85
	34.51	113.28	99	1980.61	1811.58	169.03	113.28	103.56	9.72	0.313457	0.237768	0.275613	0.000909	113.96
	34.54	113.34	100	1981.53	1813.42	168.11	113.34	103.67	9.67	0.313581	0.237582	0.275627	0.000912	113.70
Promedio de la columna	34.52	113.17		1978.59	1810.11	168.48	113.17	103.54	9.63	0.31	0.237638	0.276033	0.000910	113.76
Desviación Estandar				2.86	2.48	1.05	0.16	0.11	0.07	0.00	0.000247	0.000410	0.000001	0.16
Serie 7	68.08	76.08	96	1330.21	1207.11	123.10	76.08	69.04	7.04	0.177438	0.138192	0.157815	0.000520	132.68
	68.07	76.14	97	1331.12	1205.27	125.86	76.14	68.94	7.20	0.176927	0.136890	0.156909	0.000517	133.25
	68.05	76.08	98	1330.21	1203.43	126.77	76.08	68.83	7.25	0.176927	0.137324	0.157125	0.000518	132.86
	68.05	76.14	99	1331.12	1204.35	126.77	76.14	68.89	7.25	0.177694	0.137107	0.157401	0.000519	132.73
	68.05	76.03	100	1329.29	1203.43	125.86	76.03	68.83	7.20	0.177438	0.136890	0.157164	0.000518	132.83
Promedio de la columna	68.06	76.09		1330.39	1204.72	125.67	76.09	68.91	7.19	0.177281	0.137283	0.157283	0.000519	132.87
Desviación Estandar				0.77	1.54	1.51	0.04	0.09	0.09	0.00	0.000540	0.000345	0.000001	0.22
Serie 8	67.77	150.59	96	2632.85	2405.95	226.91	150.59	137.61	12.98	0.302974	0.239504	0.271239	0.000894	153.87
	67.77	150.59	97	2632.85	2405.95	226.91	150.59	137.61	12.98	0.301440	0.239938	0.270689	0.000893	154.18
	67.77	150.64	98	2633.77	2408.70	225.07	150.64	137.67	12.98	0.302405	0.240154	0.271099	0.000895	153.89
	67.75	150.70	99	2634.69	2408.70	225.99	150.70	137.82	12.87	0.302974	0.239938	0.271456	0.000895	153.98
	67.75	150.75	100	2635.61	2408.70	226.91	150.75	137.82	12.93	0.302719	0.240588	0.271654	0.000896	153.87
Promedio de la columna	67.76	150.65		2633.96	2407.60	226.36	150.65	137.71	12.95	0.302514	0.240024	0.271269	0.000894	153.96
Desviación Estandar				1.20	1.51	0.82	0.07	0.11	0.05	0.000637	0.000394	0.000361	0.000001	0.13
Serie 9	68.01	225.94	96	3951.12	3609.38	341.74	225.99	206.45	19.55	0.410102	0.327365	0.368734	0.001216	169.80
	68.01	225.94	97	3950.20	3606.62	343.58	225.94	206.29	19.65	0.410102	0.326714	0.368408	0.001215	169.82
	67.99	225.94	98	3950.20	3606.62	343.58	225.94	206.29	19.65	0.410358	0.327148	0.368753	0.001216	169.66
	67.99	226.04	99	3952.04	3612.13	339.90	226.04	206.40	19.44	0.409591	0.326931	0.368261	0.001214	170.15
	67.99	225.94	100	3950.20	3606.62	343.58	225.94	206.29	19.65	0.409846	0.326931	0.368389	0.001215	169.83
Promedio de la columna	68.00	225.97		3950.75	3608.28	342.47	225.97	206.38	19.59	0.410000	0.327018	0.368509	0.001215	169.85
Desviación Estandar				0.82	2.46	1.64	0.05	0.14	0.09	0.000292	0.000247	0.000221	0.000001	0.18
Serie 10	102.67	76.08	96	1330.21	1204.35	125.86	76.08	68.89	7.20	0.155450	0.121487	0.138469	0.000457	150.88
	102.65	76.24	97	1332.96	1205.27	127.69	76.24	68.94	7.30	0.156473	0.122355	0.139414	0.000460	149.97
	102.67	75.87	98	1326.53	1200.68	125.86	75.87	68.67	7.20	0.154939	0.121053	0.137996	0.000455	150.93
	102.67	76.08	99											

Anexo 6-16 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 1 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Miranda - Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 29-may-15
MUESTRA: # 1 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 302.30 mm
D = 149.52 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVD1 1	Lectura de Deformación Recuperable LVD 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_i	P_{max}	$P_{cíclico}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{cíclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	N	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm/mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.59	22.76	96	399.61	359.19	40.42	22.76	20.46	2.30	0.097820	0.081340	0.089580	0.000296	69.03
	21.59	23.44	97	411.56	373.89	37.66	23.44	21.29	2.15	0.099892	0.082723	0.091307	0.000302	70.50
	21.59	22.60	98	396.86	364.70	32.15	22.60	20.77	1.83	0.096670	0.080419	0.088544	0.000293	70.91
	21.60	22.65	99	397.78	362.87	34.91	22.65	20.67	1.99	0.097130	0.080188	0.088659	0.000293	70.47
	21.60	22.92	100	402.37	367.46	34.91	22.92	20.93	1.99	0.097130	0.081340	0.089235	0.000295	70.90
Promedio de la columna	21.59	22.87		401.63	365.62	36.01	22.87	20.82	2.05	0.097728	0.081202	0.089465	0.000296	70.36
Desviación Estandar				5.93	5.51	3.14	0.34	0.31	0.18	0.001277	0.000999	0.001113	0.000004	0.77
Serie 2	21.60	45.47	96	798.31	724.82	73.49	45.47	41.28	4.19	0.154902	0.135721	0.145311	0.000481	85.88
	21.60	45.47	97	798.31	726.65	71.65	45.47	41.38	4.08	0.153060	0.135260	0.144160	0.000477	86.78
	21.60	45.52	98	799.23	722.98	76.25	45.52	41.18	4.34	0.154441	0.135260	0.144850	0.000479	85.93
	21.62	45.15	99	792.80	717.47	75.33	45.15	40.86	4.29	0.152600	0.134799	0.143699	0.000475	85.96
	21.60	45.36	100	796.47	723.90	72.57	45.36	41.23	4.13	0.154441	0.134799	0.144630	0.000478	86.18
Promedio de la columna	21.61	45.39		797.02	723.16	73.86	45.39	41.19	4.21	0.153889	0.135168	0.144528	0.000478	86.15
Desviación Estandar				2.57	3.46	1.90	0.15	0.20	0.11	0.000998	0.000622	0.000602	0.000002	0.37
Serie 3	22.11	68.22	96	1197.92	1099.11	103.81	68.22	62.31	5.91	0.194720	0.176506	0.185613	0.000614	101.49
	22.11	68.12	97	1196.08	1092.28	103.81	68.12	62.21	5.91	0.195411	0.177428	0.186419	0.000617	100.88
	22.11	68.28	98	1198.84	1089.52	109.32	68.28	62.05	6.23	0.197022	0.177888	0.187455	0.000620	100.07
	22.11	68.07	99	1195.16	1086.76	108.40	68.07	61.89	6.17	0.195871	0.177888	0.186880	0.000618	100.12
	22.14	68.75	100	1207.11	1102.38	104.73	68.75	62.78	5.96	0.197712	0.179041	0.188376	0.000623	100.75
Promedio de la columna	22.12	68.29		1199.02	1093.01	106.01	68.29	62.25	6.04	0.196147	0.177580	0.186949	0.000618	100.66
Desviación Estandar				4.75	5.93	2.65	0.27	0.34	0.15	0.001211	0.000916	0.001045	0.000003	0.59
Serie 4	35.04	38.09	96	668.78	606.31	62.47	38.09	34.53	3.56	0.114392	0.100005	0.107199	0.000355	97.38
	35.05	37.67	97	661.43	599.88	61.55	37.67	34.16	3.51	0.114623	0.100696	0.107699	0.000356	98.93
	35.04	38.07	98	661.43	603.55	57.87	37.67	34.37	3.30	0.115313	0.100005	0.107659	0.000356	96.52
	35.04	37.77	99	663.27	605.39	57.87	37.77	34.48	3.30	0.114392	0.100005	0.107199	0.000355	97.23
	35.05	38.25	100	671.53	608.15	63.39	38.25	34.64	3.61	0.114853	0.100696	0.107774	0.000357	97.15
Promedio de la columna	35.04	37.89		665.29	604.66	60.63	37.89	34.44	3.45	0.114715	0.100281	0.107498	0.000356	96.84
Desviación Estandar				4.61	3.14	2.60	0.26	0.18	0.15	0.000385	0.000379	0.000277	0.000001	0.60
Serie 5	34.92	75.29	96	1321.94	1203.43	118.51	75.29	68.54	6.75	0.182061	0.167289	0.174675	0.000578	118.62
	34.90	75.50	97	1325.61	1206.19	119.42	75.50	68.70	6.80	0.182521	0.166828	0.174675	0.000578	118.89
	34.92	75.29	98	1325.61	1206.19	119.42	75.29	68.54	6.75	0.182061	0.167289	0.174675	0.000578	118.62
	34.92	75.55	99	1326.53	1206.19	120.34	75.55	68.70	6.85	0.183212	0.167750	0.175481	0.000580	118.34
	34.90	75.65	100	1328.37	1210.78	117.59	75.65	68.96	6.70	0.182291	0.167289	0.174790	0.000578	119.26
Promedio de la columna	34.91	75.50		1325.61	1206.56	119.06	75.50	68.72	6.78	0.182567	0.167335	0.174951	0.000579	118.74
Desviación Estandar				2.34	2.65	1.05	0.13	0.15	0.06	0.000443	0.000342	0.000351	0.000001	0.35
Serie 6	35.29	113.64	96	1995.31	1820.77	174.54	113.64	103.70	9.94	0.242825	0.226739	0.234782	0.000777	133.52
	35.28	113.53	97	1993.47	1814.34	179.14	113.53	103.33	10.20	0.243285	0.227891	0.235888	0.000779	132.59
	35.28	113.59	98	1994.39	1816.17	178.22	113.59	103.44	10.15	0.242825	0.226508	0.234667	0.000776	133.25
	35.28	113.59	99	1989.80	1816.17	178.22	113.59	103.44	10.15	0.242825	0.226508	0.234667	0.000776	133.25
	35.28	113.79	100	1998.07	1818.01	180.06	113.79	103.54	10.25	0.243515	0.227430	0.235473	0.000779	132.92
Promedio de la columna	35.28	113.57		1994.21	1816.36	177.85	113.57	103.45	10.13	0.242825	0.226877	0.234851	0.000777	133.16
Desviación Estandar				3.00	3.21	2.11	0.17	0.18	0.12	0.000709	0.000808	0.000740	0.000002	0.40
Serie 7	68.56	76.02	96	1334.80	1208.03	126.77	76.02	68.80	7.22	0.143854	0.133647	0.138750	0.000459	149.90
	68.55	76.28	97	1339.39	1213.54	125.86	76.28	69.11	7.17	0.145465	0.134338	0.139901	0.000463	149.34
	68.55	75.97	98	1333.88	1208.94	124.94	75.97	68.85	7.12	0.145465	0.133877	0.139671	0.000462	149.02
	68.55	75.76	99	1330.21	1205.27	124.94	75.76	68.64	7.12	0.145004	0.132956	0.138980	0.000460	149.31
	68.53	76.02	100	1334.62	1209.13	125.49	76.02	68.86	7.15	0.145096	0.133785	0.139441	0.000461	149.29
Promedio de la columna	68.55	76.01		1334.62	1209.13	125.49	76.01	68.86	7.15	0.145096	0.133785	0.139441	0.000461	149.29
Desviación Estandar				3.27	3.00	0.82	0.19	0.17	0.05	0.000739	0.000530	0.000540	0.000002	0.39
Serie 8	68.26	151.20	96	2654.90	2424.32	230.58	151.20	138.07	13.13	0.249269	0.235956	0.242613	0.000803	172.04
	68.26	151.10	97	2653.06	2424.32	228.74	151.10	138.07	13.03	0.249960	0.236877	0.243419	0.000805	171.47
	68.26	150.99	98	2651.23	2423.40	227.83	150.99	138.02	12.98	0.249500	0.236647	0.243073	0.000804	171.65
	68.25	150.63	99	2644.80	2416.97	227.83	150.63	137.65	12.98	0.248349	0.235495	0.241922	0.000800	172.01
	68.26	150.68	100	2645.71	2416.05	229.66	150.68	137.60	13.08	0.247888	0.236647	0.242628	0.000801	171.70
Promedio de la columna	68.26	150.92		2649.94	2421.01	228.93	150.92	137.88	13.04	0.248993	0.236512	0.242659	0.000803	171.77
Desviación Estandar				4.48	4.14	1.20	0.26	0.23	0.07	0.000852	0.000578	0.000602	0.000002	0.24
Serie 9	68.61	225.60	96	3961.22	3624.08	337.14	225.60	206.40	19.20	0.349161	0.332043	0.340602	0.001127	183.19
	68.61	225.65	97	3962.14	3629.59	332.55	225.65	206.71	18.94	0.348471	0.332965	0.340718	0.001127	183.41
	68.61	225.65	98	3963.06	3622.24	340.82	225.65	206.30	19.41	0.348011	0.331813	0.339912	0.001124	183.47
	68.59	225.50	99	3959.38	3618.57	340.82	225.50	206.09	19.41	0.348701	0.331813	0.340257	0.001126	183.10
	68.61	225.91	100	3966.73	3625.91	340.82	225.91	206.50	19.41	0.348931	0.332504	0.340718	0.001127	183.22
Promedio de la columna	68.60	225.67		3962.51	3624.08	338.43	225.67	206.40	19.27	0.348655	0.332228	0.340441	0.001126	183.28
Desviación Estandar				2.73	4.11	3.65	0.16	0.23	0.21	0.000443	0.000500	0.000351	0.000001	0.16
Serie 10	103.52	76.18	96	1337.56	1208.94	128.61	76.18	68.85	7.32	0.134877	0.121895	0.128386	0.000425	162.12
	103.54	76.28	97	1339.39	1209.86	129.53	76.28	68.90	7.38	0.134877	0.121895	0.128386	0.000425	162.24
	103.54	76.12	98	1336.64	1208.94	127.69	76.12	68.85	7.27	0.135337	0.121665	0.128801	0.000425	161.98
	103.52	76												

Anexo 6-17 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 2 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : ASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 14-may-15
MUESTRA: # 2 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 302.50 mm
D = 149.15 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	P_{ciclo}	$P_{contacto}$	σ_d	σ_{ciclo}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	mm	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm/mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.44	22.67	96	397.78	362.87	34.91	22.67	20.68	1.99	0.000001	0.113677	0.056839	0.000188	110.07
	21.42	22.62	97	396.86	362.87	33.99	22.62	20.68	1.94	0.000001	0.113027	0.056514	0.000187	110.71
	21.44	22.67	98	397.78	363.79	33.99	22.67	20.74	1.94	0.000001	0.114545	0.057273	0.000189	109.52
	21.42	22.62	99	396.86	362.87	33.99	22.62	20.68	1.94	0.000001	0.113244	0.056623	0.000187	110.50
	21.44	23.04	100	404.21	367.46	36.75	23.04	20.94	2.09	0.000001	0.114328	0.057165	0.000189	110.83
Promedio de la columna	21.43	22.72		398.69	363.97	34.72	22.72	20.75	1.98	0.000001	0.113764	0.056883	0.000188	110.32
Desviación Estandar				3.12	1.99	1.20	0.18	0.11	0.07	0.000000	0.000331	0.000001	0.000001	0.54
Serie 2	21.45	45.50	96	798.31	730.33	67.98	45.50	41.63	3.87	0.000002	0.170733	0.085368	0.000282	147.51
	21.45	45.34	97	795.55	729.41	66.14	45.34	41.57	3.77	0.000002	0.170950	0.085476	0.000283	147.13
	21.45	45.50	98	798.31	727.57	70.74	45.50	41.47	4.03	0.000002	0.170082	0.085042	0.000281	147.51
	21.45	45.24	99	793.71	725.73	67.98	45.24	41.37	3.87	0.000002	0.170299	0.085151	0.000281	146.95
	21.47	45.40	100	796.47	726.65	69.82	45.40	41.42	3.98	0.000002	0.170082	0.085042	0.000281	147.33
Promedio de la columna	21.46	45.40		796.47	727.94	68.53	45.40	41.49	3.91	0.000002	0.170429	0.085216	0.000282	147.29
Desviación Estandar				1.95	1.90	1.79	0.11	0.11	0.10	0.000000	0.000394	0.000197	0.000001	0.24
Serie 3	21.44	68.07	96	1194.25	1090.44	103.81	68.07	62.15	5.92	0.000003	0.209132	0.104567	0.000346	179.80
	21.44	68.28	97	1197.92	1093.19	104.73	68.28	62.31	5.97	0.000003	0.208264	0.104133	0.000344	181.01
	21.42	68.07	98	1194.25	1088.60	105.64	68.07	62.05	6.02	0.000003	0.209132	0.104567	0.000346	179.50
	21.42	68.17	99	1196.08	1089.52	106.56	68.17	62.10	6.07	0.000003	0.209783	0.104893	0.000347	179.09
	21.42	68.17	100	1196.08	1090.44	105.64	68.17	62.15	6.02	0.000003	0.209481	0.104242	0.000345	180.36
Promedio de la columna	21.43	68.15		1195.72	1090.44	105.28	68.15	62.15	6.00	0.000003	0.209858	0.104480	0.000345	179.95
Desviación Estandar				1.54	1.72	1.05	0.09	0.10	0.06	0.000000	0.000602	0.000301	0.000001	0.75
Serie 4	34.89	37.91	96	665.10	604.47	60.63	37.91	34.45	3.46	0.000002	0.119535	0.059768	0.000198	174.38
	34.89	37.96	97	666.02	606.31	59.71	37.96	34.56	3.40	0.000002	0.118450	0.059226	0.000196	175.11
	34.87	37.75	98	662.35	604.47	57.87	37.75	34.45	3.30	0.000002	0.118450	0.059226	0.000196	175.97
	34.87	37.86	99	664.18	606.31	57.87	37.86	34.56	3.30	0.000002	0.118450	0.059226	0.000196	176.51
	34.86	37.80	100	663.27	604.47	58.79	37.80	34.45	3.35	0.000002	0.120186	0.060094	0.000199	173.43
Promedio de la columna	34.88	37.86		664.18	605.21	58.98	37.86	34.50	3.36	0.000002	0.119014	0.059508	0.000197	175.36
Desviación Estandar				1.45	1.01	1.20	0.08	0.06	0.07	0.000000	0.000806	0.000403	0.000001	1.39
Serie 5	34.75	75.71	96	1328.37	1209.86	118.51	75.71	68.96	6.75	0.000002	0.185268	0.092635	0.000306	225.19
	34.74	75.35	97	1321.94	1203.43	118.51	75.35	68.59	6.75	0.000002	0.185268	0.092635	0.000306	223.99
	34.75	75.71	98	1328.37	1210.78	117.59	75.71	69.01	6.70	0.000002	0.185485	0.092744	0.000307	225.10
	34.75	75.81	99	1326.53	1208.03	118.51	75.81	68.86	6.75	0.000002	0.185485	0.092744	0.000307	224.58
	34.74	75.66	100	1327.45	1208.94	118.51	75.66	68.91	6.75	0.000002	0.185485	0.092744	0.000307	224.75
Promedio de la columna	34.75	75.61		1326.53	1208.21	118.32	75.61	68.87	6.74	0.000002	0.185398	0.092700	0.000306	224.72
Desviación Estandar				2.68	2.86	0.41	0.15	0.16	0.02	0.000000	0.000119	0.000059	0.000000	0.48
Serie 6	34.60	113.68	96	1994.39	1817.09	177.30	113.68	103.57	10.11	0.000003	0.242107	0.121055	0.000400	258.81
	34.60	113.62	97	1993.47	1815.25	178.22	113.62	103.52	10.11	0.000003	0.241890	0.120946	0.000400	258.91
	34.60	113.31	98	1987.96	1812.50	175.46	113.31	103.15	10.16	0.000003	0.241673	0.120838	0.000399	258.23
	34.60	113.47	99	1990.72	1814.34	176.38	113.47	103.47	10.00	0.000003	0.241456	0.120730	0.000399	259.24
	34.60	113.68	100	1994.39	1817.09	177.30	113.68	103.62	10.05	0.000003	0.242541	0.121272	0.000401	258.08
Promedio de la columna	34.60	113.55		1992.19	1815.25	176.93	113.55	103.47	10.08	0.000003	0.241923	0.120968	0.000400	258.73
Desviación Estandar				2.80	1.95	1.05	0.16	0.19	0.06	0.00	0.000417	0.000209	0.000001	0.39
Serie 7	68.05	76.24	96	1337.56	1206.19	131.37	76.24	68.75	7.49	0.000002	0.141012	0.070507	0.000233	294.96
	68.08	76.34	97	1339.39	1208.03	131.37	76.34	68.86	7.49	0.000002	0.140581	0.070182	0.000232	296.78
	68.08	76.34	98	1339.39	1208.03	131.37	76.34	68.86	7.49	0.000002	0.140581	0.070182	0.000232	296.78
	68.10	76.45	99	1341.23	1208.94	132.29	76.45	68.91	7.54	0.000002	0.140361	0.070182	0.000232	297.01
	68.10	76.71	100	1345.82	1212.62	133.20	76.71	69.12	7.59	0.000002	0.139494	0.069748	0.000231	299.76
Promedio de la columna	68.08	76.42		1340.68	1208.76	131.92	76.42	68.90	7.52	0.00	0.140361	0.070182	0.000232	296.97
Desviación Estandar				3.16	2.38	0.82	0.18	0.14	0.05	0.00	0.000553	0.000277	0.000001	1.75
Serie 8	67.90	150.85	96	2646.63	2416.05	230.58	150.85	137.71	13.14	0.000003	0.239504	0.119753	0.000396	347.86
	67.90	150.96	97	2648.47	2420.64	227.83	150.96	137.81	13.14	0.000003	0.239938	0.119970	0.000397	347.49
	67.89	150.91	98	2647.55	2419.73	227.83	150.91	137.92	12.99	0.000003	0.239721	0.119862	0.000396	348.07
	67.86	150.80	99	2645.71	2415.13	230.58	150.80	137.81	12.99	0.000003	0.239287	0.119645	0.000396	348.44
	67.87	150.80	100	2645.71	2416.05	229.66	150.80	137.66	13.14	0.000003	0.239504	0.119753	0.000396	347.96
Promedio de la columna	67.89	150.86		2646.82	2417.52	229.30	150.86	137.78	13.08	0.000003	0.239590	0.119797	0.000396	347.92
Desviación Estandar				1.20	2.48	1.39	0.07	0.10	0.09	0.000000	0.000247	0.000124	0.000000	0.36
Serie 9	68.23	225.42	96	3954.79	3622.24	332.55	225.42	206.46	18.95	0.000004	0.329751	0.164878	0.000545	378.79
	68.23	225.52	97	3956.63	3622.24	334.39	225.52	206.46	19.06	0.000004	0.329751	0.164878	0.000545	378.79
	68.23	225.57	98	3957.55	3625.91	331.63	225.57	206.67	18.90	0.000004	0.330619	0.165312	0.000546	378.18
	68.23	225.42	99	3954.79	3621.32	333.47	225.42	206.41	19.01	0.000004	0.330619	0.165312	0.000546	377.70
	68.25	225.42	100	3954.79	3621.32	333.47	225.42	206.41	19.01	0.000004	0.330402	0.165203	0.000546	377.95
Promedio de la columna	68.24	225.47		3955.71	3622.61	333.10	225.47	206.48	18.99	0.000004	0.330228	0.165116	0.000546	378.28
Desviación Estandar				1.30	1.90	1.05	0.07	0.11	0.06	0.000000	0.000445	0.000222	0.000001	0.49
Serie 10	102.79	76.19	96	1336.64	1212.62	124.02	76.19	69.12	7.07	0.000002	0.126694	0.063348	0.000209	330.05
	102.80	76.08	97	1334.80	1209.86	124.94	76.08	68.96	7.12	0.000002	0.126477	0.063239	0.000209	329.86
	102.79	75.87	98	1331.12	1207.11	124.02	75.87	68.80	7.07	0.000002	0.			

Anexo 6-18 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 3 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : ASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 15-may-15
MUESTRA: # 3 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 304.11 mm
D = 149.27 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_i	P_{max}	$P_{cíclica}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{cíclica}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	c_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.54	22.68	96	396.86	359.19	37.66	22.68	20.53	2.15	0.099457	0.133419	0.116438	0.000383	53.61
	21.54	22.84	97	399.61	363.79	35.83	22.84	20.79	2.05	0.101247	0.135805	0.118526	0.000390	53.34
	21.53	22.63	98	395.94	361.95	33.99	22.63	20.68	1.94	0.100991	0.134938	0.117965	0.000388	53.32
	21.53	22.68	99	396.86	361.03	35.83	22.68	20.63	2.05	0.099457	0.135155	0.117706	0.000386	53.48
	21.54	22.73	100	397.78	363.79	33.99	22.73	20.79	1.94	0.101247	0.135372	0.118309	0.000389	53.43
Promedio de la columna	21.54	22.71		397.41	361.95	35.46	22.71	20.68	2.03	0.100480	0.134938	0.117709	0.000387	53.44
Desviación Estandar				1.39	1.95	1.54	0.08	0.11	0.09	0.000939	0.000908	0.000847	0.000003	0.12
Serie 2	21.56	45.20	96	790.96	722.06	68.90	45.20	41.26	3.94	0.166444	0.197200	0.181822	0.000598	69.01
	21.56	45.30	97	792.80	725.73	67.06	45.30	41.47	3.83	0.166444	0.197417	0.181931	0.000598	69.32
	21.57	45.41	98	794.63	724.82	69.82	45.41	41.42	3.99	0.166444	0.196332	0.181388	0.000596	69.44
	21.56	45.51	99	796.47	723.90	72.57	45.51	41.37	4.15	0.167211	0.196983	0.182097	0.000599	69.08
	21.56	45.51	100	796.47	726.65	69.82	45.51	41.52	3.99	0.166956	0.197634	0.182295	0.000599	69.27
Promedio de la columna	21.56	45.39		794.27	724.63	69.63	45.39	41.41	3.98	0.166700	0.197113	0.181907	0.000598	69.23
Desviación Estandar				2.40	1.77	1.99	0.14	0.10	0.11	0.000362	0.000499	0.000340	0.000001	0.18
Serie 3	21.54	68.51	96	1198.84	1090.44	108.40	68.51	62.31	6.19	0.217323	0.236466	0.226895	0.000746	83.52
	21.56	68.45	97	1197.92	1090.44	107.48	68.45	62.51	6.14	0.217323	0.237117	0.227220	0.000747	83.40
	21.54	68.40	98	1197.00	1089.52	107.48	68.40	62.36	6.14	0.219113	0.237334	0.228222	0.000750	82.96
	21.54	68.30	99	1195.16	1087.68	107.48	68.30	62.15	6.14	0.218857	0.237334	0.228096	0.000750	82.87
	21.54	68.30	100	1195.16	1086.76	108.40	68.30	62.10	6.19	0.218346	0.237985	0.228166	0.000750	82.77
Promedio de la columna	21.55	68.39		1196.82	1088.97	107.85	68.39	62.23	6.16	0.218193	0.237247	0.227720	0.000749	83.10
Desviación Estandar				1.64	1.67	0.50	0.09	0.10	0.03	0.000840	0.000545	0.000617	0.000002	0.33
Serie 4	34.72	38.32	96	670.62	606.31	64.31	38.32	34.65	3.67	0.121445	0.130144	0.100428	0.000428	80.96
	34.74	38.22	97	668.78	603.55	65.22	38.22	34.49	3.73	0.120167	0.138843	0.129505	0.000426	80.99
	34.72	38.32	98	670.62	606.31	64.31	38.32	34.65	3.67	0.120423	0.137758	0.129090	0.000424	81.62
	34.72	38.27	99	669.70	606.31	63.39	38.27	34.62	3.62	0.120678	0.140144	0.130539	0.000429	80.71
	34.72	38.37	100	671.53	607.23	64.31	38.37	34.70	3.67	0.120678	0.138409	0.129544	0.000426	81.46
Promedio de la columna	34.73	38.30		670.25	605.94	64.31	38.30	34.63	3.67	0.120730	0.138799	0.129764	0.000427	81.15
Desviación Estandar				1.05	1.39	0.65	0.06	0.08	0.04	0.000492	0.000873	0.000573	0.000002	0.38
Serie 5	34.60	76.12	96	1332.04	1206.19	125.86	76.12	68.93	7.19	0.204540	0.215640	0.210090	0.000691	99.77
	34.59	76.06	97	1331.12	1205.27	125.86	76.06	68.87	7.19	0.204028	0.214772	0.209400	0.000689	100.02
	34.60	75.96	98	1329.29	1206.19	123.10	75.96	68.93	7.03	0.205307	0.215423	0.210365	0.000692	99.64
	34.62	75.91	99	1328.37	1203.43	124.94	75.91	68.77	7.14	0.204028	0.214989	0.209509	0.000689	99.82
	34.60	75.91	100	1328.37	1203.43	124.94	75.91	68.77	7.14	0.204284	0.213905	0.209094	0.000688	100.02
Promedio de la columna	34.60	75.99		1329.84	1204.90	124.94	75.99	68.85	7.14	0.204437	0.214946	0.209692	0.000690	99.85
Desviación Estandar				1.67	1.39	1.13	0.10	0.08	0.06	0.000530	0.000676	0.000521	0.000002	0.17
Serie 6	34.71	113.34	96	1983.37	1809.74	173.62	113.34	103.41	9.92	0.280475	0.283760	0.282117	0.000928	111.48
	34.68	113.28	97	1982.45	1808.82	173.62	113.28	103.36	9.92	0.280219	0.283760	0.281664	0.000926	111.60
	34.69	113.39	98	1984.29	1808.82	175.46	113.39	103.47	9.92	0.281242	0.284194	0.282718	0.000930	111.30
	34.71	113.44	99	1985.20	1808.82	176.38	113.44	103.41	10.03	0.279708	0.283326	0.281517	0.000926	111.71
	34.72	113.44	100	1985.20	1808.82	176.38	113.44	103.36	10.08	0.280475	0.283543	0.282009	0.000927	111.46
Promedio de la columna	34.70	113.38		1984.10	1809.01	175.09	113.38	103.40	9.97	0.28	0.283586	0.282005	0.000927	111.51
Desviación Estandar				1.20	0.41	1.39	0.07	0.04	0.07	0.00	0.000417	0.000468	0.000002	0.16
Serie 7	68.16	76.12	96	1332.04	1206.19	125.86	76.12	68.93	7.19	0.162353	0.169215	0.165784	0.000545	126.44
	68.16	76.17	97	1332.96	1206.19	126.77	76.17	68.93	7.24	0.162353	0.168998	0.165675	0.000545	126.52
	68.16	76.43	98	1337.56	1213.54	124.02	76.43	69.35	7.09	0.162865	0.169865	0.166365	0.000547	126.76
	68.14	75.96	99	1329.29	1204.35	124.94	75.96	68.82	7.14	0.162353	0.169215	0.165784	0.000545	126.24
	68.14	76.12	100	1332.04	1207.11	124.94	76.12	68.98	7.14	0.162098	0.168998	0.165548	0.000544	126.71
Promedio de la columna	68.15	76.16		1332.78	1207.47	125.30	76.16	69.00	7.16	0.16	0.169258	0.165831	0.000545	126.53
Desviación Estandar				3.00	3.53	1.05	0.17	0.20	0.06	0.00	0.000356	0.000314	0.000001	0.21
Serie 8	67.81	150.50	96	2633.77	2412.38	221.39	150.50	137.85	12.65	0.292492	0.280723	0.286607	0.000942	146.27
	67.81	150.40	97	2631.93	2409.62	222.31	150.40	137.75	12.65	0.292492	0.280072	0.286282	0.000941	146.32
	67.83	150.61	98	2635.61	2410.54	225.07	150.61	137.90	12.70	0.292236	0.279421	0.285828	0.000940	146.72
	67.87	150.76	99	2638.36	2411.46	226.91	150.76	137.90	12.86	0.292236	0.279855	0.286045	0.000941	146.61
	67.90	150.50	100	2633.77	2412.38	221.39	150.50	137.54	12.97	0.292747	0.280723	0.286735	0.000943	145.87
Promedio de la columna	67.85	150.55		2634.69	2411.27	223.42	150.55	137.79	12.77	0.292441	0.280158	0.286300	0.000941	146.36
Desviación Estandar				2.43	1.20	2.46	0.14	0.15	0.14	0.000214	0.000566	0.000378	0.000001	0.33
Serie 9	68.22	225.25	96	3941.93	3602.95	338.98	225.25	205.88	19.37	0.405244	0.370319	0.387782	0.001275	161.46
	68.22	225.25	97	3941.93	3603.87	338.98	225.25	205.94	19.32	0.405000	0.371187	0.388344	0.001277	161.23
	68.22	225.36	98	3943.77	3604.79	338.98	225.36	205.99	19.37	0.406267	0.370319	0.388293	0.001277	161.33
	68.22	225.31	99	3942.85	3603.87	338.98	225.31	205.94	19.37	0.406267	0.371404	0.388836	0.001279	161.06
	68.20	225.36	100	3943.77	3604.79	338.98	225.36	205.99	19.37	0.406011	0.370103	0.388075	0.001276	161.43
Promedio de la columna	68.21	225.31		3942.85	3604.05	338.90	225.31	205.95	19.36	0.405867	0.370667	0.388262	0.001277	161.31
Desviación Estandar				0.92	0.77	0.41	0.05	0.04	0.02	0.000464	0.000586	0.000390	0.000001	0.16
Serie 10	102.76	76.12	96	1332.04	1206.19	125.86	76.12	68.93	7.19	0.150337	0.147737	0.149037	0.000490	140.64
	102.73	76.17	97	1332.96	1207.11	125.86	76.17	68.98	7.19	0.150081	0.148388	0.149235	0.000491	140.56
	102.74	76.22	98	1333.88	1208.03	125.86	76.22	69.03	7.19	0.150848	0.148388	0.149618	0.000492	140.31
	102.73	76.22	99	1333.88	120									

Anexo 6-19 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 4 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 21-may-15
MUESTRA: # 4 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 304.23 mm
D = 149.86 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	$P_{ciclica}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{ciclica}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	N	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm/mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.84	22.64	96	399.61	363.79	35.83	22.64	20.61	2.03	0.120678	0.109989	0.115334	0.000379	54.36
	21.81	22.64	97	399.61	363.79	35.83	22.64	20.61	2.03	0.122724	0.110206	0.116465	0.000383	53.83
	21.81	22.69	98	400.53	365.62	34.91	22.69	20.71	1.98	0.122212	0.109556	0.115884	0.000381	54.38
	21.80	22.69	99	400.53	364.70	35.83	22.69	20.66	2.03	0.120934	0.109989	0.115462	0.000380	54.44
	21.80	22.79	100	402.37	365.62	36.75	22.79	20.71	2.08	0.121957	0.110640	0.116299	0.000382	54.18
Promedio de la columna	21.81	22.69		400.53	364.70	35.83	22.69	20.66	2.03	0.121701	0.110076	0.115889	0.000381	54.24
Desviación Estandar				1.13	0.92	0.65	0.06	0.05	0.04	0.000867	0.000394	0.000498	0.000002	0.25
Serie 2	21.36	45.64	96	805.66	730.33	75.33	45.64	41.37	4.27	0.188944	0.171601	0.180272	0.000593	69.82
	21.36	45.64	97	805.66	730.33	75.33	45.64	41.37	4.27	0.189199	0.171818	0.180509	0.000593	69.73
	21.38	45.74	98	807.49	733.08	74.41	45.74	41.53	4.22	0.188432	0.170733	0.179583	0.000590	70.35
	21.36	45.59	99	804.74	728.49	76.25	45.59	41.27	4.32	0.188688	0.171601	0.180144	0.000592	69.69
	21.36	45.74	100	807.49	731.25	76.25	45.74	41.42	4.32	0.188177	0.171384	0.179780	0.000591	70.10
Promedio de la columna	21.37	45.67		806.21	730.69	75.51	45.67	41.39	4.28	0.188688	0.171427	0.180058	0.000592	69.94
Desviación Estandar				1.23	1.67	0.77	0.07	0.09	0.04	0.000404	0.000417	0.000374	0.000001	0.28
Serie 3	21.98	68.33	96	1206.19	1098.71	107.48	68.33	62.24	6.09	0.234454	0.211952	0.223203	0.000734	84.83
	22.01	68.28	97	1205.27	1097.79	107.48	68.28	62.19	6.09	0.233687	0.211518	0.222602	0.000732	84.99
	22.01	68.17	98	1203.43	1095.03	108.40	68.17	62.03	6.14	0.234709	0.211735	0.223222	0.000734	84.54
	21.99	68.17	99	1203.43	1095.03	108.40	68.17	62.03	6.14	0.233431	0.210867	0.222149	0.000730	84.95
	21.99	68.33	100	1206.19	1097.79	108.40	68.33	62.19	6.14	0.233175	0.210867	0.222021	0.000730	85.22
Promedio de la columna	21.99	68.26		1204.90	1096.87	108.03	68.26	62.14	6.12	0.233891	0.212260	0.222640	0.000732	84.94
Desviación Estandar				1.39	1.72	0.50	0.08	0.10	0.03	0.000662	0.000499	0.000566	0.000002	0.25
Serie 4	34.69	38.15	96	673.37	609.98	63.39	38.15	34.55	3.59	0.135252	0.122138	0.128695	0.000423	81.69
	34.68	38.20	97	674.29	610.90	63.39	38.20	34.61	3.59	0.131672	0.118233	0.124953	0.000411	84.26
	34.66	38.51	98	679.80	615.30	64.31	38.51	34.87	3.64	0.137297	0.123006	0.130152	0.000428	81.50
	34.66	38.15	99	673.37	609.98	63.39	38.15	34.55	3.59	0.135508	0.121921	0.128714	0.000423	81.67
	34.68	38.09	100	672.45	609.07	63.39	38.09	34.50	3.59	0.134485	0.122138	0.128312	0.000422	81.81
Promedio de la columna	34.67	38.22		674.66	611.09	63.57	38.22	34.62	3.60	0.134843	0.121487	0.128165	0.000421	82.19
Desviación Estandar				2.95	2.55	0.41	0.17	0.14	0.02	0.002050	0.001866	0.001928	0.000006	1.16
Serie 5	35.03	75.82	96	1338.47	1218.13	120.34	75.82	69.01	6.82	0.214255	0.191776	0.203016	0.000667	103.41
	35.04	75.56	97	1333.88	1214.46	119.42	75.56	68.80	6.77	0.212977	0.191560	0.202268	0.000665	103.48
	35.02	75.56	98	1333.88	1214.46	119.42	75.56	68.80	6.77	0.214255	0.191993	0.203124	0.000668	103.04
	34.99	75.61	99	1334.80	1215.37	119.42	75.61	68.85	6.77	0.214255	0.192644	0.203450	0.000669	102.95
	34.99	75.72	100	1336.64	1217.21	119.42	75.72	68.95	6.77	0.214767	0.192644	0.203700	0.000670	102.98
Promedio de la columna	35.01	75.66		1335.53	1215.93	119.61	75.66	68.88	6.78	0.214102	0.192134	0.203113	0.000668	103.17
Desviación Estandar				1.99	1.67	0.41	0.11	0.09	0.02	0.000667	0.000499	0.000545	0.000002	0.25
Serie 6	34.89	113.45	96	2002.66	1825.36	177.30	113.45	103.40	10.04	0.281498	0.251435	0.266467	0.000876	118.06
	34.89	113.40	97	2001.74	1825.36	176.38	113.40	103.35	10.04	0.281218	0.251218	0.266486	0.000876	117.99
	34.89	113.45	98	2002.66	1826.28	176.38	113.45	103.46	9.99	0.280731	0.249700	0.265215	0.000872	118.68
	34.87	113.40	99	2001.74	1824.44	177.30	113.40	103.40	9.99	0.281753	0.252086	0.266920	0.000877	117.86
	34.87	113.24	100	1998.98	1823.52	175.46	113.24	103.20	10.04	0.281242	0.250351	0.265796	0.000874	118.12
Promedio de la columna	34.88	113.39		2001.56	1824.99	176.56	113.39	103.36	10.02	0.28	0.250958	0.266177	0.000875	118.14
Desviación Estandar				1.51	1.05	0.77	0.09	0.10	0.03	0.00	0.000938	0.000671	0.000002	0.31
Serie 7	68.50	75.88	96	1339.39	1212.62	126.77	75.88	68.69	7.18	0.165166	0.146002	0.155584	0.000511	134.32
	68.50	76.08	97	1343.07	1216.29	126.77	76.08	68.90	7.18	0.164654	0.146436	0.155545	0.000511	134.76
	68.47	76.03	98	1342.15	1216.29	125.86	76.03	68.90	7.13	0.165677	0.146653	0.156165	0.000513	134.23
	68.46	75.92	99	1338.47	1212.62	125.86	75.92	68.69	7.13	0.164521	0.147303	0.156362	0.000514	133.65
	68.46	75.93	100	1340.31	1213.54	126.77	75.93	68.75	7.16	0.164654	0.146870	0.155762	0.000512	134.27
Promedio de la columna	68.48	75.95		1340.68	1214.27	126.41	75.95	68.79	7.16	0.17	0.146653	0.155884	0.000512	134.25
Desviación Estandar				1.90	1.88	0.50	0.11	0.11	0.03	0.00	0.000485	0.000363	0.000001	0.40
Serie 8	68.13	150.71	96	2660.41	2429.83	230.58	150.71	137.65	13.06	0.282009	0.268854	0.274900	0.000874	157.52
	68.13	150.92	97	2664.09	2435.34	228.74	150.92	137.86	13.06	0.282520	0.249266	0.265893	0.000874	157.73
	68.14	150.76	98	2661.33	2431.67	229.66	150.76	137.80	12.96	0.282009	0.250134	0.266071	0.000875	157.57
	68.13	150.87	99	2663.17	2431.67	231.50	150.87	137.86	13.01	0.280986	0.249917	0.265452	0.000873	157.99
	68.13	150.71	100	2660.41	2429.83	230.58	150.71	137.60	13.11	0.280986	0.249483	0.265235	0.000872	157.82
Promedio de la columna	68.13	150.79		2661.88	2431.67	230.21	150.79	137.75	13.04	0.281702	0.249700	0.265701	0.000873	157.73
Desviación Estandar				1.67	2.25	1.05	0.09	0.12	0.06	0.000686	0.000343	0.000345	0.000001	0.19
Serie 9	68.41	225.34	96	3977.76	3638.78	338.98	225.34	206.13	19.20	0.385557	0.345154	0.365356	0.001201	171.65
	68.41	225.49	97	3980.51	3639.69	340.82	225.49	206.18	19.31	0.386069	0.345154	0.365611	0.001202	171.57
	68.41	225.44	98	3979.60	3639.69	339.90	225.44	206.18	19.25	0.384535	0.344286	0.364411	0.001198	172.13
	68.41	225.41	99	3982.35	3640.61	341.74	225.41	206.24	19.36	0.385813	0.344070	0.364941	0.001200	171.85
	68.40	225.28	100	3976.84	3635.10	341.74	225.28	205.92	19.36	0.385046	0.344070	0.364558	0.001198	171.85
Promedio de la columna	68.41	225.43		3979.41	3638.78	340.64	225.43	206.13	19.30	0.385404	0.344547	0.364975	0.001200	171.82
Desviación Estandar				2.19	2.15	1.20	0.12	0.12	0.07	0.000616	0.000562	0.000511	0.000002	0.23
Serie 10	103.24	76.50	96	1350.42	1218.13	132.29	76.50	69.01	7.49	0.149058	0.132551	0.140805	0.000463	149.10
	103.25	76.34	97	1347.66	1217.21	130.45	76.34	68.95	7.39	0.148036	0.132334	0.140185	0.000461	149.64
	103.24	76.24	98	1345.82	1216.29	129.53	76.24	68.90	7.34	0.148547	0.132985	0.140766	0.000463	148.1

Anexo 6-20 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 5 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 22-may-15
MUESTRA: # 5 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 303.23 mm
D = 149.43 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	P_{cyclic}	$P_{contacto}$	σ_d	σ_{cyclic}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	mm	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.59	23.36	96	409.72	372.97	36.75	23.36	21.27	2.10	0.153450	0.127779	0.141614	0.000467	45.54
	21.59	23.15	97	406.04	370.22	35.83	23.15	21.11	2.04	0.153405	0.126043	0.139724	0.000461	45.81
	21.59	23.21	98	406.96	371.13	35.83	23.21	21.16	2.04	0.154172	0.126477	0.140324	0.000463	45.73
	21.57	23.31	99	408.80	372.05	36.75	23.31	21.21	2.10	0.154427	0.126043	0.140235	0.000462	45.87
	21.57	23.57	100	413.39	376.65	36.75	23.57	21.48	2.10	0.155450	0.127128	0.141289	0.000466	46.09
Promedio de la columna	21.58	23.32		408.98	372.60	36.38	23.32	21.25	2.07	0.154581	0.126694	0.140637	0.000464	45.81
Desviación Estandar				2.86	2.48	0.50	0.16	0.14	0.03	0.000878	0.000752	0.000786	0.000003	0.20
Serie 2	21.65	45.31	96	794.63	724.82	69.82	45.31	41.33	3.98	0.213744	0.169648	0.191696	0.000632	65.38
	21.63	45.36	97	795.55	725.73	69.82	45.36	41.38	3.98	0.214255	0.170950	0.192603	0.000635	65.15
	21.65	45.31	98	794.63	724.82	69.82	45.31	41.33	3.98	0.214511	0.171384	0.192947	0.000636	64.95
	21.65	45.42	99	796.47	724.82	71.65	45.42	41.33	4.09	0.212721	0.168347	0.190534	0.000628	65.78
	21.65	45.36	100	795.55	725.73	69.82	45.36	41.38	3.98	0.212721	0.169215	0.190968	0.000630	65.71
Promedio de la columna	21.64	45.35		795.37	725.18	70.18	45.35	41.35	4.00	0.213591	0.169909	0.191750	0.000632	65.39
Desviación Estandar				0.77	0.50	0.82	0.04	0.03	0.05	0.000840	0.001250	0.001031	0.000003	0.35
Serie 3	22.17	68.15	96	1195.16	1088.60	106.56	68.15	62.07	6.08	0.261811	0.206528	0.234170	0.000772	80.38
	22.17	67.84	97	1189.65	1084.01	105.64	67.84	61.81	6.02	0.262322	0.206745	0.234534	0.000773	79.92
	22.16	67.94	98	1191.49	1085.85	105.64	67.94	61.92	6.02	0.262322	0.206745	0.234534	0.000773	80.05
	22.16	67.94	99	1191.49	1085.85	105.64	67.94	61.92	6.02	0.261555	0.206095	0.233825	0.000771	80.29
	22.14	68.31	100	1197.92	1092.28	105.64	68.31	62.28	6.02	0.263856	0.206692	0.235409	0.000776	80.23
Promedio de la columna	22.16	68.03		1193.14	1087.32	105.83	68.03	62.00	6.03	0.262373	0.206615	0.234494	0.000773	80.17
Desviación Estandar				3.34	3.22	0.41	0.19	0.18	0.02	0.000893	0.000329	0.000590	0.000002	0.19
Serie 4	34.98	37.98	96	666.02	606.31	59.71	37.98	34.57	3.40	0.196869	0.158367	0.177618	0.000586	59.02
	34.99	37.92	97	665.10	606.31	58.79	37.92	34.57	3.35	0.197636	0.157934	0.177785	0.000586	58.97
	34.98	37.92	98	665.10	604.47	60.63	37.92	34.47	3.46	0.197381	0.159018	0.178200	0.000588	58.65
	34.96	37.98	99	666.02	605.39	60.63	37.98	34.52	3.46	0.197125	0.157717	0.177421	0.000585	59.00
	34.98	38.19	100	669.70	609.07	60.63	38.19	34.73	3.46	0.197381	0.159018	0.178200	0.000588	59.10
Promedio de la columna	34.98	38.00		666.39	606.31	60.08	38.00	34.57	3.43	0.197279	0.158411	0.177845	0.000587	58.95
Desviación Estandar				1.90	1.72	0.82	0.11	0.10	0.05	0.000292	0.000602	0.000349	0.000001	0.17
Serie 5	34.84	75.59	96	1325.61	1207.11	118.51	75.59	68.83	6.76	0.270759	0.211518	0.241139	0.000795	86.55
	34.86	75.43	97	1322.86	1206.19	116.67	75.43	68.78	6.65	0.270759	0.211735	0.241247	0.000796	86.45
	34.86	75.48	98	1323.78	1207.11	116.67	75.48	68.83	6.65	0.270759	0.212169	0.241464	0.000796	86.44
	34.86	75.38	99	1321.94	1205.27	116.67	75.38	68.73	6.65	0.269481	0.211952	0.240717	0.000794	86.57
	34.86	75.43	100	1322.86	1206.19	116.67	75.43	68.78	6.65	0.270504	0.212603	0.241553	0.000797	86.34
Promedio de la columna	34.85	75.46		1323.41	1206.37	117.04	75.46	68.79	6.67	0.270453	0.211995	0.241224	0.000796	86.47
Desviación Estandar				1.39	0.77	0.82	0.08	0.04	0.05	0.000554	0.000417	0.000328	0.000001	0.10
Serie 6	34.81	113.30	96	1987.04	1812.50	174.54	113.30	103.35	9.95	0.335445	0.264018	0.299732	0.000988	104.56
	34.82	113.41	97	1988.88	1813.42	175.46	113.41	103.46	9.95	0.336723	0.263801	0.300262	0.000990	104.48
	34.81	113.20	98	1985.20	1810.66	174.54	113.20	103.19	10.01	0.335445	0.262499	0.298972	0.000986	104.66
	34.81	113.46	99	1989.80	1814.34	175.46	113.46	103.51	9.95	0.336468	0.263367	0.299918	0.000989	104.65
	34.80	113.25	100	1986.12	1810.66	174.54	113.25	103.25	10.01	0.337490	0.263584	0.300537	0.000991	104.17
Promedio de la columna	34.81	113.32		1987.41	1812.31	175.09	113.32	103.38	9.97	0.335454	0.263544	0.299884	0.000989	104.50
Desviación Estandar				1.90	1.64	0.50	0.11	0.13	0.03	0.00	0.000586	0.000597	0.000002	0.20
Serie 7	68.41	75.38	96	1321.94	1197.00	124.94	75.38	68.25	7.12	0.212977	0.166177	0.189577	0.000625	109.17
	68.40	75.22	97	1319.18	1192.41	126.77	75.22	67.99	7.23	0.213744	0.166177	0.189961	0.000626	108.53
	68.40	75.06	98	1316.43	1191.49	124.94	75.06	67.94	7.12	0.212466	0.166611	0.189538	0.000625	108.69
	68.37	75.27	99	1320.10	1195.16	124.94	75.27	68.15	7.12	0.214000	0.166177	0.190088	0.000627	108.71
	68.34	75.33	100	1321.02	1195.16	125.86	75.33	68.15	7.18	0.213744	0.167262	0.190503	0.000628	108.48
Promedio de la columna	68.38	75.25		1319.73	1194.25	125.49	75.25	68.10	7.16	0.21	0.166481	0.189934	0.000626	108.72
Desviación Estandar				2.11	2.25	0.82	0.12	0.13	0.05	0.00	0.000475	0.000398	0.000001	0.27
Serie 8	68.61	149.34	96	2619.07	2389.41	229.66	149.34	136.25	13.10	0.364336	0.288532	0.326434	0.001077	126.56
	68.59	149.45	97	2620.91	2393.09	227.83	149.45	136.35	13.10	0.364592	0.288966	0.326779	0.001078	126.53
	68.59	149.45	98	2620.91	2392.17	228.74	149.45	136.46	12.99	0.366126	0.289183	0.327655	0.001081	126.28
	68.58	149.45	99	2620.91	2391.25	229.66	149.45	136.40	13.04	0.367660	0.289834	0.328747	0.001084	125.82
	68.55	149.39	100	2619.99	2391.25	228.74	149.39	136.35	13.10	0.367404	0.289834	0.328613	0.001084	125.77
Promedio de la columna	68.58	149.42		2620.36	2391.43	228.93	149.42	136.35	13.06	0.366024	0.289270	0.327647	0.001081	126.19
Desviación Estandar				0.82	1.36	0.77	0.05	0.08	0.05	0.001540	0.000566	0.001046	0.000003	0.38
Serie 9	68.62	224.41	96	3935.50	3596.52	338.98	224.41	205.08	19.33	0.483992	0.387024	0.435508	0.001436	142.79
	68.61	224.35	97	3934.58	3596.52	338.06	224.35	205.08	19.28	0.484503	0.386807	0.435655	0.001437	142.74
	68.62	224.46	98	3936.42	3594.68	341.74	224.46	204.97	19.49	0.484248	0.388326	0.436287	0.001439	142.46
	68.62	224.51	99	3937.34	3599.27	338.06	224.51	205.23	19.28	0.484248	0.387675	0.435961	0.001438	142.75
	68.61	224.30	100	3933.66	3594.68	338.98	224.30	204.97	19.33	0.484759	0.388543	0.436651	0.001440	142.34
Promedio de la columna	68.62	224.41		3935.50	3596.53	339.17	224.41	205.07	19.34	0.484350	0.387675	0.436012	0.001438	142.62
Desviación Estandar				1.45	1.88	1.51	0.08	0.11	0.09	0.000292	0.000767	0.000466	0.000002	0.20
Serie 10	103.27	75.17	96	1318.26	1186.90	131.37	75.17	67.68	7.49	0.264623	0.211518	0.238071	0.000785	86.20
	103.39	75.17	97	1318.26	1186.90	131.37	75.17	67.68	7.49	0.265646	0.212603	0.239124	0.000789	85.82
	103.54	75.27	98	1320.10	1187.82	132.29	75.27	67.73	7.54	0.264623	0.211735	0.238071	0.000785	86.28

Anexo 6-21 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 6 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 23-may-15
MUESTRA: # 6 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 303.21 mm
D = 149.29 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	$P_{ciclica}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	N	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.78	22.78	96	398.69	364.70	33.99	22.78	20.83	1.94	0.102014	0.099359	0.100687	0.000332	62.74
	21.78	22.93	97	401.45	364.70	36.75	22.93	20.83	2.10	0.102270	0.100010	0.101140	0.000334	62.46
	21.78	22.83	98	399.61	363.79	35.83	22.83	20.78	2.05	0.101758	0.100010	0.100884	0.000333	62.46
	21.80	22.72	99	397.78	362.87	34.91	22.72	20.73	1.99	0.102014	0.098925	0.100470	0.000331	62.56
	21.78	22.88	100	400.53	364.70	35.83	22.88	20.83	2.05	0.101503	0.099825	0.100214	0.000331	63.04
Promedio de la columna	21.79	22.83		399.61	364.15	35.46	22.83	20.80	2.03	0.101912	0.099446	0.100679	0.000332	62.65
Desviación Estandar				1.45	0.82	1.05	0.08	0.05	0.06	0.000292	0.000545	0.000359	0.000001	0.24
Serie 2	21.26	45.55	96	797.39	726.65	70.74	45.55	41.51	4.04	0.163376	0.158150	0.160763	0.000530	78.30
	21.26	45.55	97	797.39	726.65	70.74	45.55	41.51	4.04	0.163120	0.157717	0.160419	0.000529	78.46
	21.26	45.50	98	796.47	724.82	71.65	45.50	41.41	4.09	0.162609	0.156849	0.159729	0.000527	78.60
	21.24	45.55	99	797.39	726.65	70.74	45.55	41.51	4.04	0.162609	0.155981	0.159295	0.000525	79.02
	21.24	45.50	100	796.47	723.90	72.57	45.50	41.35	4.15	0.161842	0.156849	0.159345	0.000526	78.69
Promedio de la columna	21.25	45.53		797.02	725.73	71.29	45.53	41.46	4.07	0.162711	0.157109	0.159910	0.000527	78.61
Desviación Estandar				0.50	1.30	0.82	0.03	0.07	0.05	0.000589	0.000846	0.000655	0.000002	0.27
Serie 3	21.26	68.43	96	1197.92	1084.01	113.91	68.43	61.93	6.51	0.204540	0.199677	0.200659	0.000619	94.04
	21.24	68.64	97	1201.60	1087.68	113.91	68.64	62.14	6.51	0.205307	0.195898	0.200603	0.000662	93.92
	21.27	68.59	98	1200.68	1085.85	114.83	68.59	62.03	6.56	0.204795	0.195464	0.200130	0.000660	93.98
	21.29	68.49	99	1198.84	1084.01	114.83	68.49	61.93	6.56	0.204028	0.194814	0.199421	0.000658	94.16
	21.32	68.75	100	1203.43	1088.60	114.83	68.75	62.19	6.56	0.203773	0.194814	0.199293	0.000657	94.62
Promedio de la columna	21.28	68.58		1200.49	1086.03	114.46	68.58	62.04	6.54	0.204489	0.195161	0.199825	0.000659	94.14
Desviación Estandar				2.19	2.09	0.50	0.13	0.12	0.03	0.000610	0.000499	0.000540	0.000002	0.28
Serie 4	34.71	38.05	96	666.02	609.07	56.96	38.05	34.79	3.25	0.116843	0.114545	0.115694	0.000382	91.19
	34.71	37.89	97	663.27	608.15	55.12	37.89	34.74	3.15	0.117099	0.114545	0.115822	0.000382	90.95
	34.69	37.94	98	664.18	607.23	56.96	37.94	34.69	3.25	0.117099	0.114979	0.116039	0.000383	90.65
	34.68	37.84	99	662.35	604.47	57.87	37.84	34.53	3.31	0.116588	0.113677	0.115133	0.000380	90.94
	34.68	37.79	100	661.43	602.63	58.79	37.79	34.43	3.36	0.116843	0.114328	0.115586	0.000381	90.31
Promedio de la columna	34.69	37.90		663.45	606.31	57.14	37.90	34.64	3.26	0.116894	0.114415	0.115655	0.000381	90.81
Desviación Estandar				1.77	2.68	1.36	0.10	0.15	0.08	0.000214	0.000475	0.000337	0.000001	0.34
Serie 5	34.57	75.52	96	1321.94	1204.35	117.59	75.52	68.80	6.72	0.191500	0.183750	0.187625	0.000619	111.19
	34.57	75.52	97	1321.94	1208.94	112.99	75.52	69.06	6.46	0.190989	0.183316	0.187152	0.000617	111.89
	34.59	75.57	98	1322.86	1206.19	116.67	75.57	68.91	6.67	0.191756	0.183316	0.187536	0.000618	111.41
	34.59	75.68	99	1324.69	1209.86	114.83	75.68	69.12	6.56	0.191500	0.183967	0.187733	0.000619	111.63
	34.59	75.57	100	1322.86	1206.19	116.67	75.57	68.91	6.67	0.190989	0.183750	0.187625	0.000618	111.57
Promedio de la columna	34.58	75.57		1322.86	1207.11	115.75	75.57	68.96	6.61	0.191347	0.183576	0.187461	0.000618	111.54
Desviación Estandar				1.13	2.25	1.84	0.06	0.13	0.10	0.000343	0.000283	0.000246	0.000001	0.26
Serie 6	34.48	113.15	96	1980.61	1806.99	173.62	113.15	103.23	9.92	0.255930	0.242758	0.249344	0.000822	125.53
	34.47	113.31	97	1983.37	1809.74	173.62	113.31	103.39	9.92	0.255163	0.242984	0.249084	0.000818	126.41
	34.47	113.31	98	1983.37	1808.82	174.54	113.31	103.39	9.92	0.255419	0.241239	0.248329	0.000819	126.24
	34.47	113.20	99	1981.53	1806.99	174.54	113.20	103.23	9.97	0.255675	0.242107	0.248891	0.000821	125.76
	34.47	113.46	100	1986.12	1812.50	173.62	113.46	103.49	9.97	0.256186	0.242107	0.249146	0.000822	125.95
Promedio de la columna	34.47	113.28		1983.00	1809.01	173.59	113.28	103.34	9.94	0.26	0.241803	0.248739	0.000820	125.98
Desviación Estandar				2.11	2.29	0.50	0.12	0.11	0.03	0.00	0.000776	0.000569	0.000002	0.35
Serie 7	67.95	76.10	96	1332.04	1206.19	125.86	76.10	68.91	7.19	0.148547	0.143398	0.145973	0.000481	143.13
	67.92	76.15	97	1332.96	1204.35	128.61	76.15	68.80	7.35	0.148547	0.143832	0.146190	0.000482	142.70
	68.01	76.25	98	1334.80	1208.94	125.86	76.25	69.06	7.19	0.148291	0.143615	0.145953	0.000481	143.48
	68.25	76.25	99	1334.80	1207.11	127.69	76.25	68.96	7.29	0.148291	0.143988	0.145845	0.000481	143.37
	68.43	76.15	100	1332.96	1205.27	127.69	76.15	68.85	7.29	0.149058	0.143615	0.146337	0.000483	142.67
Promedio de la columna	68.11	76.18		1333.51	1206.37	127.14	76.18	68.92	7.26	0.15	0.143572	0.146059	0.000482	143.07
Desviación Estandar				1.23	1.77	1.23	0.07	0.10	0.07	0.00	0.000182	0.000199	0.000001	0.37
Serie 8	68.07	150.72	96	2638.36	2406.86	231.50	150.72	137.80	13.23	0.257720	0.244493	0.251107	0.000828	166.03
	68.07	150.93	97	2642.04	2413.30	228.74	150.93	137.71	13.23	0.258231	0.245144	0.251688	0.000830	165.90
	68.10	150.78	98	2639.28	2409.62	229.66	150.78	137.71	13.07	0.258743	0.244493	0.251618	0.000830	165.95
	68.09	150.99	99	2642.96	2412.38	230.58	150.99	137.87	13.12	0.258231	0.244276	0.251254	0.000829	166.38
	68.07	150.93	100	2642.04	2412.38	229.66	150.93	137.76	13.17	0.258487	0.244927	0.251707	0.000830	165.95
Promedio de la columna	68.08	150.87		2640.94	2410.91	230.03	150.87	137.71	13.16	0.258282	0.244667	0.251475	0.000829	166.04
Desviación Estandar				1.99	2.63	1.05	0.11	0.13	0.07	0.000379	0.000356	0.000276	0.000001	0.19
Serie 9	67.80	224.88	96	3936.42	3596.52	339.90	224.88	205.46	19.42	0.364848	0.339297	0.352072	0.001161	176.95
	67.77	224.98	97	3938.26	3598.36	339.90	224.98	205.57	19.42	0.365103	0.339080	0.352092	0.001161	177.03
	67.77	225.25	98	3942.85	3602.03	340.82	225.25	205.78	19.47	0.364081	0.339514	0.351797	0.001160	177.36
	67.77	225.14	99	3941.01	3598.36	342.66	225.14	205.57	19.58	0.364592	0.339080	0.351835	0.001160	177.16
	67.77	225.14	100	3941.01	3599.27	341.74	225.14	205.62	19.52	0.364081	0.339297	0.351689	0.001160	177.28
Promedio de la columna	67.77	225.08		3939.91	3598.91	341.00	225.08	205.60	19.48	0.364541	0.339253	0.351897	0.001161	177.15
Desviación Estandar				2.55	2.01	1.20	0.15	0.11	0.07	0.000457	0.000182	0.000177	0.000001	0.17
Serie 10	102.91	76.31	96	1335.72	1204.35	131.37	76.31	68.80	7.50	0.135252	0.131033	0.133142	0.000439	156.69
	102.91	76.36	97	1336.64	1206.19	130.45	76.36	68.91	7.45	0.134741	0.130599	0.132670	0.000438	157.49
	102.91	76.31	98	1335.72	1206.19	129.53	76.31	68.91	7.40	0.134996	0.130599	0.132798	0.000438	157.33.3

Anexo 6-22 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 7 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 27-may-15
MUESTRA: # 7 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 302.89 mm
D = 149.16 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LYDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	$P_{ciclica}$	$P_{contacto}$	σ_d	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	KPa	KPa	--	N	N	N	KPa	KPa	KPa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.65	22.77	96	397.78	361.03	36.75	22.77	20.67	2.10	0.107383	0.094370	0.100876	0.000333	62.05
	21.65	22.72	97	396.86	361.03	35.83	22.72	20.67	2.05	0.108150	0.094153	0.101152	0.000334	61.88
	21.63	22.77	98	397.78	361.03	36.75	22.77	20.67	2.10	0.106872	0.093936	0.100404	0.000331	62.34
	21.63	22.82	99	398.69	363.79	34.91	22.82	20.82	2.00	0.107128	0.094587	0.100857	0.000333	62.54
	21.65	22.82	100	398.69	362.87	35.83	22.82	20.77	2.05	0.107895	0.093285	0.100590	0.000332	62.55
Promedio de la columna	21.64	22.78		397.96	361.95	36.01	22.78	20.66	2.06	0.107486	0.094066	0.100776	0.000333	62.27
Desviación Estandar				0.77	1.30	0.77	0.04	0.07	0.04	0.000530	0.000499	0.000288	0.000001	0.30
Serie 2	21.60	45.54	96	795.55	722.98	72.57	45.54	41.39	4.15	0.166956	0.147086	0.157021	0.000518	79.83
	21.60	45.38	97	792.80	722.06	70.74	45.38	41.33	4.05	0.166700	0.147520	0.157110	0.000519	79.68
	21.60	45.49	98	794.63	723.90	70.74	45.49	41.44	4.05	0.167978	0.147954	0.157064	0.000522	79.45
	21.60	45.70	99	798.31	724.82	73.49	45.70	41.49	4.21	0.167978	0.148171	0.158075	0.000522	79.50
	21.59	45.64	100	797.39	724.82	72.57	45.64	41.49	4.15	0.167467	0.148171	0.157819	0.000521	79.63
Promedio de la columna	21.60	45.55		795.74	723.71	72.02	45.55	41.43	4.12	0.167416	0.147781	0.157598	0.000520	79.62
Desviación Estandar				2.19	1.20	1.23	0.13	0.07	0.07	0.000583	0.000470	0.000496	0.000002	0.15
Serie 3	21.35	68.20	96	1191.49	1084.01	107.48	68.20	62.05	6.15	0.212210	0.188088	0.200149	0.000661	93.90
	21.35	68.36	97	1194.25	1087.68	106.56	68.36	62.26	6.10	0.213744	0.189824	0.201784	0.000666	93.46
	21.36	68.31	98	1193.33	1086.76	106.56	68.31	62.21	6.10	0.213488	0.188956	0.201222	0.000664	93.64
	21.36	68.20	99	1191.49	1086.76	104.73	68.20	62.21	5.99	0.212977	0.188522	0.200750	0.000663	93.86
	21.38	68.15	100	1190.57	1085.85	104.73	68.15	62.16	5.99	0.212210	0.188522	0.200366	0.000662	93.76
Promedio de la columna	21.36	68.25		1192.22	1086.21	106.01	68.25	62.18	6.07	0.212926	0.188783	0.200854	0.000663	93.77
Desviación Estandar				1.51	1.39	1.23	0.09	0.08	0.07	0.000709	0.000658	0.000661	0.000002	0.21
Serie 4	34.72	38.18	96	666.94	603.55	63.39	38.18	34.55	3.63	0.121190	0.107386	0.114288	0.000377	91.56
	34.71	37.86	97	661.43	598.96	62.47	37.86	34.29	3.58	0.120934	0.106952	0.113943	0.000376	91.14
	34.72	37.86	98	661.43	598.96	62.47	37.86	34.29	3.58	0.119911	0.106301	0.113106	0.000373	91.82
	34.72	38.02	99	664.18	601.72	62.47	38.02	34.44	3.58	0.119144	0.105868	0.112506	0.000371	92.73
	34.72	38.13	100	666.02	605.39	60.63	38.13	34.65	3.47	0.120934	0.106518	0.113726	0.000375	92.30
Promedio de la columna	34.72	38.01		664.00	601.72	62.28	38.01	34.44	3.57	0.120423	0.106605	0.113514	0.000375	91.91
Desviación Estandar				2.55	2.83	1.01	0.15	0.16	0.06	0.000867	0.000586	0.000709	0.000002	0.62
Serie 5	34.60	75.83	96	1324.69	1206.19	118.51	75.83	69.05	6.78	0.196358	0.173987	0.185173	0.000611	112.94
	34.59	75.72	97	1322.86	1203.43	119.42	75.72	68.89	6.84	0.195080	0.173119	0.184100	0.000608	113.34
	34.59	75.72	98	1322.86	1201.60	121.26	75.72	68.78	6.94	0.194824	0.174421	0.184623	0.000610	112.84
	34.60	75.67	99	1321.94	1202.51	119.42	75.67	68.78	6.84	0.193987	0.173987	0.184100	0.000611	112.94
	34.60	75.72	100	1322.86	1203.43	119.42	75.72	68.89	6.84	0.194824	0.173987	0.184623	0.000609	113.15
Promedio de la columna	34.60	75.73		1323.04	1203.43	119.61	75.73	68.89	6.85	0.195540	0.173900	0.184720	0.000610	112.96
Desviación Estandar				1.01	1.72	1.01	0.06	0.10	0.06	0.000875	0.000475	0.000509	0.000002	0.31
Serie 6	34.93	113.43	96	1981.53	1806.99	174.54	113.43	103.44	9.99	0.260788	0.230826	0.245807	0.000812	127.46
	34.93	113.43	97	1981.53	1809.74	171.79	113.43	103.44	9.99	0.261044	0.231260	0.246152	0.000813	127.28
	34.93	113.11	98	1976.02	1804.23	171.79	113.11	103.28	9.83	0.260277	0.230609	0.245443	0.000810	127.45
	34.92	113.17	99	1976.94	1804.23	172.71	113.17	103.33	9.83	0.259510	0.230826	0.245168	0.000809	127.66
	34.92	113.27	100	1978.77	1806.99	171.79	113.27	103.38	9.89	0.261299	0.231911	0.246605	0.000814	126.98
Promedio de la columna	34.93	113.28		1978.96	1806.43	172.52	113.28	103.37	9.91	0.260835	0.231260	0.245835	0.000812	127.37
Desviación Estandar				2.55	2.31	1.20	0.15	0.07	0.08	0.00	0.000518	0.000569	0.000002	0.25
Serie 7	68.26	76.20	96	1331.12	1206.19	124.94	76.20	69.05	7.15	0.154939	0.135589	0.145264	0.000480	143.97
	68.26	75.93	97	1326.53	1199.76	126.77	75.93	68.68	7.26	0.154939	0.134938	0.144938	0.000479	143.52
	68.26	76.04	98	1328.37	1202.51	125.86	76.04	68.84	7.20	0.155194	0.136239	0.145717	0.000481	143.08
	68.26	75.93	99	1326.53	1202.51	124.02	75.93	68.84	7.10	0.154172	0.135155	0.144663	0.000478	144.12
	68.26	76.04	100	1328.37	1202.51	125.86	76.04	68.84	7.20	0.153405	0.135805	0.144605	0.000477	144.18
Promedio de la columna	68.26	76.03		1328.19	1202.70	125.49	76.03	68.85	7.18	0.153545	0.145037	0.000479	0.000479	143.78
Desviación Estandar				1.88	2.29	1.05	0.11	0.13	0.06	0.00	0.000518	0.000461	0.000002	0.47
Serie 8	67.98	150.87	96	2635.61	2408.70	226.91	150.87	137.88	12.99	0.265646	0.234948	0.250297	0.000826	166.85
	67.95	150.66	97	2631.93	2409.62	222.31	150.66	137.67	12.99	0.266157	0.234514	0.250336	0.000826	166.57
	67.96	150.87	98	2635.61	2406.86	228.74	150.87	138.14	12.73	0.265135	0.234948	0.250041	0.000826	167.34
	67.96	150.82	99	2634.69	2407.78	226.91	150.82	137.72	13.09	0.266924	0.234514	0.250719	0.000828	166.38
	67.96	150.82	100	2634.69	2409.62	225.07	150.82	137.83	12.99	0.266669	0.233863	0.250266	0.000826	166.81
Promedio de la columna	67.96	150.81		2634.51	2408.52	225.99	150.81	137.85	12.96	0.266106	0.234557	0.250332	0.000826	166.79
Desviación Estandar				1.51	1.20	2.43	0.09	0.18	0.14	0.000732	0.000445	0.000245	0.000001	0.36
Serie 9	68.20	225.54	96	3940.09	3604.79	335.31	225.54	206.35	19.19	0.365870	0.327582	0.346726	0.001145	180.26
	68.19	225.28	97	3935.50	3600.19	335.31	225.28	206.09	19.19	0.365615	0.327582	0.346598	0.001144	180.10
	68.19	225.49	98	3939.17	3603.87	335.31	225.49	206.30	19.19	0.365359	0.327582	0.346470	0.001144	180.35
	68.19	225.07	99	3931.83	3591.01	340.82	225.07	205.56	19.51	0.365359	0.327148	0.346254	0.001143	179.82
	68.19	225.38	100	3937.34	3600.19	337.14	225.38	206.09	19.30	0.365870	0.328233	0.347052	0.001146	179.86
Promedio de la columna	68.19	225.35		3936.79	3600.01	336.78	225.35	206.08	19.28	0.365615	0.327625	0.346620	0.001144	180.08
Desviación Estandar				3.29	5.45	2.40	0.19	0.31	0.14	0.000256	0.000388	0.000298	0.000001	0.24
Serie 10	103.06	76.14	96	1330.21	1204.35	125.86	76.14	68.94	7.20	0.142411	0.122138	0.132274	0.000437	157.86
	103.06	76.41	97	1334.80	1212.62	122.18	76.41	69.41	6.99	0.142155	0.123440	0.132797	0.000438	158.32
	103.07	76.25	98	1332.04	1205.27	126.77	76.25	68.99	7.26	0.141644	0.122572	0.132108	0.000436	158.18
	103.05	76.25	99	1332.0										

Anexo 6-23 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 8 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO DEL MÓDULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 01-jun-15
MUESTRA : # 8 CON GEOMALLA

DATOS:
L = 304.56 mm
D = 148.89 mm

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 1	Lectura de Deformación Recuperable LVDT 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente
Designación	σ_1	σ_2	C_1	P_{max}	$P_{efectiva}$	$P_{contacto}$	σ_a	$\sigma_{ciclico}$	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r
Unidades	Kpa	Kpa	--	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm/mm	mm/mm	Mpa
Serie 1	21.53	22.64	96	394.10	358.27	35.83	22.64	20.38	2.06	0.096901	0.080051	0.088476	0.000291	70.83
	21.51	22.69	97	395.02	360.11	34.91	22.69	20.68	2.00	0.096389	0.080919	0.088654	0.000291	71.05
	21.54	22.79	98	396.86	361.95	34.91	22.79	20.79	2.00	0.097412	0.080919	0.089166	0.000293	71.01
	21.53	22.79	99	396.86	361.03	35.83	22.79	20.74	2.06	0.096389	0.080485	0.088437	0.000290	71.41
	21.54	22.79	100	396.86	361.95	34.91	22.79	20.79	2.00	0.096901	0.080051	0.088476	0.000291	71.56
Promedio de la columna	21.53	22.74		395.94	360.66	35.28	22.74	20.71	2.03	0.096798	0.080485	0.088442	0.000291	71.17
Desviación Estándar				1.30	1.54	0.50	0.07	0.09	0.03	0.000428	0.000434	0.000305	0.000001	0.30
Serie 2	21.50	45.53	96	792.80	724.82	67.98	45.53	41.63	3.90	0.161331	0.137107	0.149219	0.000490	84.97
	21.50	45.52	97	789.12	721.14	67.98	45.52	41.42	3.90	0.162098	0.136456	0.149277	0.000490	84.51
	21.50	45.52	98	789.12	720.22	68.90	45.52	41.37	3.96	0.160819	0.137758	0.149289	0.000490	84.39
	21.50	45.52	99	789.12	720.22	68.90	45.52	41.37	3.96	0.161075	0.136239	0.148657	0.000488	84.75
	21.51	45.52	100	789.12	721.14	67.98	45.52	41.42	3.90	0.161331	0.136673	0.149002	0.000489	84.66
Promedio de la columna	21.50	45.57		789.86	721.51	68.35	45.57	41.44	3.93	0.161331	0.136847	0.149089	0.000490	84.66
Desviación Estándar				1.64	1.90	0.50	0.09	0.11	0.03	0.000478	0.000602	0.000267	0.000001	0.22
Serie 3	21.48	68.28	96	1188.73	1084.01	104.73	68.28	62.26	6.01	0.207352	0.177675	0.192514	0.000632	98.50
	21.50	68.22	97	1187.82	1082.17	105.64	68.22	62.15	6.07	0.206841	0.177458	0.192150	0.000631	98.52
	21.47	68.33	98	1189.65	1083.09	106.56	68.33	62.21	6.12	0.206329	0.176807	0.191568	0.000629	98.90
	21.47	68.33	99	1189.65	1082.17	107.48	68.33	62.15	6.17	0.207863	0.177675	0.192769	0.000633	98.20
	21.47	68.28	100	1188.73	1082.17	106.56	68.28	62.15	6.12	0.207352	0.177458	0.192514	0.000632	98.39
Promedio de la columna	21.48	68.29		1188.92	1082.72	106.20	68.29	62.19	6.10	0.207148	0.177415	0.192281	0.000631	98.50
Desviación Estándar				0.77	0.82	1.05	0.04	0.05	0.06	0.000583	0.000356	0.000456	0.000001	0.26
Serie 4	34.59	37.78	96	657.75	602.63	55.12	37.78	34.61	3.17	0.121190	0.101963	0.111576	0.000366	94.48
	34.57	37.67	97	655.92	598.04	57.87	37.67	34.35	3.32	0.119911	0.101312	0.110612	0.000363	94.58
	34.56	37.83	98	658.67	601.72	56.96	37.83	34.56	3.27	0.119656	0.100661	0.110758	0.000362	95.35
	34.56	37.99	99	661.43	604.47	56.96	37.99	34.72	3.27	0.120167	0.101529	0.110848	0.000364	95.39
	34.57	37.78	100	657.75	600.80	56.96	37.78	34.51	3.27	0.119656	0.100878	0.110267	0.000362	95.31
Promedio de la columna	34.57	37.81		658.31	601.53	56.77	37.81	34.55	3.26	0.120116	0.101268	0.110692	0.000363	95.06
Desviación Estándar				2.01	2.38	1.01	0.12	0.14	0.06	0.000637	0.000518	0.000565	0.000002	0.50
Serie 5	34.92	75.66	96	1317.35	1200.68	116.67	75.66	68.96	6.70	0.192779	0.166828	0.179803	0.000590	116.81
	34.90	75.77	97	1319.18	1200.68	118.51	75.77	68.96	6.81	0.193290	0.166394	0.179842	0.000590	116.79
	34.90	75.66	98	1317.35	1200.68	116.67	75.66	68.96	6.70	0.193034	0.166611	0.179823	0.000590	116.80
	34.89	75.82	99	1320.10	1201.60	118.51	75.82	68.91	6.81	0.192779	0.166828	0.179803	0.000590	116.80
	34.87	75.71	100	1318.26	1198.84	119.42	75.71	68.86	6.86	0.193034	0.166394	0.179714	0.000590	116.69
Promedio de la columna	34.90	75.73		1318.45	1200.49	117.95	75.73	68.95	6.77	0.192983	0.166611	0.179797	0.000590	116.80
Desviación Estándar				1.20	1.01	1.23	0.07	0.06	0.07	0.000214	0.000217	0.000049	0.000000	0.07
Serie 6	34.78	113.18	96	1970.51	1800.56	169.95	113.18	103.42	9.76	0.254411	0.222582	0.238361	0.000783	132.14
	34.77	113.18	97	1970.51	1799.64	170.87	113.18	103.42	9.76	0.252607	0.221497	0.237052	0.000778	132.87
	34.75	113.28	98	1972.34	1801.47	170.87	113.28	103.47	9.81	0.252607	0.222148	0.237377	0.000779	132.75
	34.75	113.33	99	1973.26	1801.47	171.79	113.33	103.52	9.81	0.254411	0.222799	0.238470	0.000783	132.21
	34.75	113.23	100	1971.42	1801.47	169.95	113.23	103.36	9.87	0.253374	0.222582	0.237978	0.000781	132.28
Promedio de la columna	34.76	113.24		1971.61	1800.92	170.69	113.24	103.44	9.80	0.252222	0.223748	0.237848	0.000781	132.45
Desviación Estándar				1.20	0.82	0.77	0.07	0.06	0.04	0.00	0.000518	0.000617	0.000002	0.33
Serie 7	68.13	76.03	96	1323.78	1201.60	122.18	76.03	69.01	7.02	0.153660	0.132985	0.143323	0.000471	146.66
	68.13	75.98	97	1322.86	1200.68	122.18	75.98	68.96	7.02	0.152893	0.132551	0.142722	0.000469	147.16
	68.14	76.10	98	1320.10	1197.00	123.10	76.10	69.01	7.02	0.153154	0.132742	0.143044	0.000469	146.69
	68.11	76.14	99	1325.61	1205.27	120.34	76.14	69.23	6.91	0.153660	0.133419	0.143540	0.000471	146.88
	68.11	75.87	100	1321.02	1198.84	122.18	75.87	68.86	7.02	0.153149	0.132117	0.142633	0.000468	147.03
Promedio de la columna	68.12	75.97		1322.67	1200.68	122.00	75.97	68.96	7.01	0.15	0.132682	0.142992	0.000469	146.88
Desviación Estándar				2.19	3.12	1.01	0.13	0.18	0.06	0.00	0.000522	0.000410	0.000001	0.22
Serie 8	68.41	150.90	96	2627.34	2404.11	223.23	150.90	138.08	12.82	0.259765	0.230609	0.245187	0.000805	171.52
	68.40	150.95	97	2628.26	2404.11	224.15	150.95	138.13	12.82	0.260788	0.230609	0.245699	0.000807	171.23
	68.37	150.90	98	2627.34	2403.19	224.15	150.90	138.03	12.87	0.260021	0.230392	0.245207	0.000805	171.44
	68.35	150.85	99	2626.42	2401.35	225.07	150.85	137.98	12.87	0.259510	0.230392	0.244951	0.000804	171.55
	68.35	150.90	100	2627.34	2401.35	224.99	150.90	137.98	12.83	0.260554	0.230392	0.244951	0.000804	171.64
Promedio de la columna	68.38	150.90		2627.34	2402.82	224.52	150.90	138.04	12.86	0.259868	0.230479	0.245173	0.000805	171.48
Desviación Estándar				0.65	1.39	1.05	0.04	0.07	0.04	0.000589	0.000119	0.000335	0.000001	0.16
Serie 9	68.02	225.56	96	3927.23	3596.52	330.71	225.56	206.57	18.99	0.361780	0.323243	0.342511	0.001125	183.68
	68.04	225.67	97	3929.07	3596.52	330.71	225.67	206.67	18.99	0.360751	0.322755	0.341566	0.001121	184.78
	68.04	225.72	98	3929.99	3599.27	330.71	225.72	206.73	18.99	0.361524	0.322158	0.341841	0.001122	184.18
	68.04	225.72	99	3929.99	3597.44	332.55	225.72	206.62	19.10	0.360501	0.322375	0.341438	0.001121	184.31
	68.02	225.72	100	3929.99	3597.44	332.55	225.72	206.62	19.10	0.361013	0.322592	0.341802	0.001122	184.11
Promedio de la columna	68.03	225.68		3929.25	3597.80	331.45	225.68	206.64	19.04	0.361115	0.322549	0.341832	0.001122	184.11
Desviación Estándar				1.20	1.05	1.01	0.07	0.06	0.06	0.000530	0.000417	0.000415	0.000001	0.25
Serie 10	102.71	76.08	96	1324.69	1197.92	126.77	76.08	68.80	7.28	0.140365	0.121053	0.130709	0.000429	160.32
	102.71	76.14	97	1325.61	1197.00	128.61	76.14	68.75	7.39	0.138831	0.121704	0.130268	0.000428	160.74
	102.70	76.08	98	1324.69	1197.92	126.77	76.08	68.80	7.28	0.138831	0.121053	0.129942	0.000427	161.26

Anexo 6-24 Tabla del Módulo Resiliente Muestra # 9 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO DEL MODULO RESILIENTE

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : AASHTO T-307

CANTERA : Papallacta
FECHA : 02-jun-15
MUESTRA: # 9 CON GEOMALLA

DATOS:		L = 304.63 mm		D = 148.89 mm											
Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Parámetro	Presión de Cámara	Esfuerzo Axial Máximo Desviador	No de Ciclo	Carga Efectiva Axial máxima	Carga Efectiva Axial Cíclica	Carga Efectiva Axial de Contacto	Esfuerzo Efectivo Axial Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial Cíclico Máximo	Esfuerzo Efectivo Axial de Contacto	Lectura de Deformación Recuperable LVD1 1	Lectura de Deformación Recuperable LVD1 2	Promedio de Deformación Recuperable	Deformación Resiliente	Módulo Resiliente	
Designación	σ_3	σ_d	C_1	P_{max}	P_{cyclic}	$P_{contacto}$	σ_d	σ_{cyclic}	$\sigma_{contacto}$	H_1	H_2	$H_{promedio}$	ϵ_r	M_r	
Unidades	Kpa	Kpa	---	N	N	N	Kpa	Kpa	Kpa	mm	mm	mm	mm/mm	Mpa	
Serie 1	21.26	22.61	96	393.18	360.11	33.07	22.61	20.71	1.90	0.284822	0.263367	0.274094	0.000900	23.02	
	21.26	23.04	97	400.53	366.54	33.99	23.04	21.08	1.95	0.285844	0.264452	0.275148	0.000903	23.34	
	21.27	22.82	98	396.86	363.79	33.07	22.82	20.92	1.90	0.285077	0.265754	0.275415	0.000904	23.14	
	21.26	24.04	99	417.99	382.16	35.83	24.04	21.98	2.06	0.281753	0.261198	0.271476	0.000891	24.66	
	21.26	22.93	100	398.69	365.62	33.07	22.93	21.03	1.90	0.286611	0.264235	0.275423	0.000904	23.26	
Promedio de la columna	21.26	23.09		401.45	367.64	33.81	23.09	21.14	1.94	0.284822	0.263801	0.274311	0.000900	23.48	
Desviación Estandar				9.63	8.48	1.20	0.55	0.49	0.07	0.001853	0.001687	0.001677	0.000006	0.67	
Serie 2	21.39	46.02	96	800.14	732.16	67.98	46.02	42.11	3.91	0.258487	0.241239	0.249863	0.000820	51.34	
	21.38	45.91	97	798.31	730.33	67.98	45.91	42.00	3.91	0.258743	0.241239	0.249991	0.000821	51.18	
	21.39	45.75	98	795.55	729.41	66.14	45.75	41.95	3.80	0.256953	0.240371	0.248662	0.000816	51.39	
	21.39	45.81	99	796.47	728.49	67.98	45.81	41.90	3.91	0.257976	0.240805	0.249390	0.000819	51.18	
	21.38	45.97	100	799.23	731.25	67.98	45.97	42.06	3.91	0.256186	0.238853	0.247519	0.000813	51.76	
Promedio de la columna	21.39	45.89		797.94	730.33	67.61	45.89	42.00	3.89	0.257669	0.240502	0.249085	0.000818	51.37	
Desviación Estandar				1.90	1.45	0.82	0.11	0.08	0.05	0.001076	0.000989	0.001019	0.000003	0.24	
Serie 3	21.41	68.00	96	1182.30	1077.58	104.73	68.00	61.97	6.02	0.283287	0.264018	0.273653	0.000898	68.99	
	21.41	68.05	97	1183.22	1077.58	105.64	68.05	61.97	6.08	0.283520	0.263584	0.273052	0.000895	69.14	
	21.41	68.21	98	1185.98	1080.33	105.64	68.21	62.13	6.08	0.283032	0.264018	0.273525	0.000898	69.20	
	21.41	68.16	99	1185.06	1081.25	103.81	68.16	62.19	5.97	0.284310	0.264886	0.274598	0.000901	68.99	
	21.41	68.00	100	1182.30	1077.58	104.73	68.00	61.97	6.02	0.283543	0.265103	0.274323	0.000901	68.82	
Promedio de la columna	21.41	68.08		1183.77	1078.86	104.91	68.08	62.05	6.03	0.283339	0.264322	0.273830	0.000899	69.03	
Desviación Estandar				1.67	1.79	0.77	0.10	0.10	0.04	0.000662	0.000644	0.000625	0.000002	0.15	
Serie 4	34.45	37.51	96	652.34	593.45	58.79	37.51	34.13	3.38	0.230619	0.213905	0.222262	0.000730	46.78	
	34.45	37.30	97	648.57	588.86	59.71	37.30	33.87	3.43	0.230107	0.214338	0.222223	0.000729	46.43	
	34.45	37.46	98	651.32	592.53	58.79	37.46	34.08	3.38	0.231130	0.214989	0.223060	0.000732	46.54	
	34.44	37.62	99	654.08	597.12	56.96	37.62	34.34	3.28	0.232153	0.214989	0.223571	0.000734	46.79	
	34.45	37.41	100	650.40	592.53	57.87	37.41	34.08	3.33	0.231386	0.215206	0.223296	0.000733	46.49	
Promedio de la columna	34.45	37.46		651.32	592.90	58.43	37.46	34.10	3.36	0.231079	0.214685	0.222882	0.000732	46.61	
Desviación Estandar				2.05	2.95	1.05	0.12	0.17	0.06	0.000775	0.000545	0.000612	0.000002	0.17	
Serie 5	34.78	75.66	96	1315.51	1200.68	114.83	75.66	69.05	6.60	0.292747	0.274214	0.283481	0.000931	74.21	
	34.79	75.66	97	1315.51	1201.60	113.91	75.66	69.11	6.55	0.293259	0.273997	0.283628	0.000931	74.22	
	34.78	75.76	98	1317.35	1201.60	115.75	75.76	69.11	6.66	0.292747	0.273997	0.283372	0.000930	74.29	
	34.80	75.82	99	1318.26	1202.51	115.75	75.82	69.16	6.66	0.293003	0.274431	0.283717	0.000931	74.26	
	34.80	75.66	100	1315.51	1198.84	116.67	75.66	68.95	6.71	0.291469	0.273563	0.282516	0.000927	74.35	
Promedio de la columna	34.79	75.71		1316.43	1201.04	115.38	75.71	69.08	6.64	0.292645	0.274041	0.283343	0.000930	74.26	
Desviación Estandar				1.30	1.39	1.05	0.07	0.08	0.06	0.000691	0.000322	0.000481	0.000002	0.06	
Serie 6	34.68	113.38	96	1971.42	1798.72	172.71	113.38	103.45	9.93	0.359990	0.337344	0.348667	0.001145	90.38	
	34.68	113.38	97	1971.42	1798.72	172.71	113.38	103.45	9.93	0.361013	0.337995	0.349504	0.001147	90.17	
	34.66	113.33	98	1970.51	1798.72	171.79	113.33	103.40	9.93	0.360501	0.337344	0.348923	0.001145	90.27	
	34.66	113.28	99	1969.59	1797.80	171.79	113.28	103.40	9.88	0.361013	0.337778	0.349395	0.001147	90.15	
	34.66	113.33	100	1970.51	1798.72	171.79	113.33	103.45	9.88	0.361268	0.338429	0.349849	0.001148	90.08	
Promedio de la columna	34.67	113.34		1970.69	1798.53	172.16	113.34	103.43	9.91	0.36	0.337778	0.349268	0.001147	90.21	
Desviación Estandar				0.77	0.41	0.50	0.04	0.03	0.03	0.00	0.000460	0.000472	0.000002	0.12	
Serie 7	68.01	74.92	96	1302.65	1178.63	124.02	74.92	67.79	7.13	0.271015	0.255991	0.263503	0.000865	78.37	
	67.99	74.71	97	1298.97	1174.04	124.94	74.71	67.52	7.19	0.271782	0.255774	0.263778	0.000866	77.98	
	67.96	74.97	98	1303.57	1178.63	124.94	74.97	67.79	7.19	0.272038	0.256208	0.264123	0.000867	78.18	
	67.95	75.08	99	1305.40	1180.47	124.94	75.08	67.89	7.19	0.273788	0.258378	0.266358	0.000874	77.65	
	67.90	75.18	100	1307.24	1182.30	124.94	75.18	68.00	7.19	0.274850	0.258811	0.266831	0.000876	77.63	
Promedio de la columna	67.96	74.97		1303.57	1178.81	124.75	74.97	67.80	7.17	0.27	0.257033	0.264919	0.000870	77.96	
Desviación Estandar				3.12	3.07	0.41	0.18	0.18	0.02	0.00	0.001442	0.001555	0.000005	0.32	
Serie 8	67.98	151.11	96	2627.34	2394.92	232.42	151.11	137.74	13.37	0.411125	0.380516	0.395820	0.001299	106.01	
	67.97	151.21	97	2629.18	2397.68	231.50	151.21	137.84	13.37	0.411380	0.380733	0.396057	0.001300	106.02	
	67.96	151.47	98	2633.77	2401.35	232.42	151.47	138.16	13.31	0.410102	0.380299	0.395200	0.001297	106.50	
	67.96	151.32	99	2631.02	2396.76	234.26	151.32	137.95	13.37	0.410869	0.379431	0.395150	0.001297	106.35	
	67.98	151.47	100	2633.77	2397.68	236.09	151.47	138.00	13.47	0.410102	0.380802	0.395992	0.001297	106.40	
Promedio de la columna	67.97	151.32		2631.02	2397.68	233.34	151.32	137.94	13.38	0.410716	0.380212	0.395466	0.001298	106.26	
Desviación Estandar				2.83	2.34	1.84	0.16	0.16	0.06	0.000589	0.000499	0.000443	0.000001	0.23	
Serie 9	68.23	226.18	96	3932.74	3592.84	339.90	226.18	206.63	19.55	0.523110	0.477923	0.500516	0.001643	125.76	
	68.25	226.29	97	3934.58	3592.84	341.74	226.29	206.63	19.65	0.522088	0.476621	0.499354	0.001639	126.06	
	68.23	226.40	98	3940.09	3596.52	343.58	226.40	206.64	19.76	0.522088	0.476830	0.499646	0.001640	125.82	
	68.24	226.34	99	3935.50	3592.84	342.66	226.34	206.63	19.71	0.522088	0.476404	0.499246	0.001639	126.08	
	68.23	226.29	100	3934.58	3593.76	340.82	226.29	206.69	19.60	0.523110	0.477923	0.500516	0.001643	125.80	
Promedio de la columna	68.24	226.34		3935.50	3593.76	341.74	226.34	206.69	19.65	0.522497	0.477142	0.499819	0.001641	125.97	
Desviación Estandar				2.76	1.59	1.45	0.16	0.09	0.08	0.000560	0.000729	0.000641	0.000002	0.18	
Serie 10	102.82	75.02	96	1304.48	1174.95	129.53	75.02	67.57	7.45	0.311667	0.291570	0.301618	0.000990	68.25	
	102.80	74.92	97	1302.65	1174.04	128.61	74.92	67.52	7.40	0.311923	0.291136	0.301529	0.000990	68.22	
	102.79	74.97	98	1303.57	1173.12	130.45	74.97	67.47	7.50	0.311923	0.290919	0.301521	0		

Anexo 6-25 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 1 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 29-abr-15
MUESTRA: # 1 SIN GEOMALLA

DATOS:

L = 302.10 mm
D = 149.26 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.553408	1.395765	0.157642	2596	1.671147	1.418622	0.252525	3596	2.059821	1.622827	0.436994	4596	2.601174	1.972463	0.628711	5596	3.872998	3.054526	0.818472	6596	5.99850178	4.983937	1.014565
1597	1.554214	1.395535	0.158679	2597	1.671953	1.418968	0.252986	3597	2.060973	1.623864	0.437110	4597	2.603823	1.974075	0.629748	5597	3.875302	3.056253	0.819049	6597	6.00518062	4.989809	1.015371
1598	1.553753	1.395881	0.157872	2598	1.671262	1.418737	0.252525	3598	2.062470	1.624094	0.438375	4598	2.605089	1.976148	0.628942	5598	3.878986	3.059708	0.819278	6598	6.01070771	4.994761	1.015947
1599	1.553983	1.395766	0.158218	2599	1.671378	1.419083	0.252295	3599	2.061894	1.624324	0.437570	4599	2.607392	1.977875	0.629517	5599	3.882671	3.062472	0.820199	6599	6.01784636	5.000748	1.017098
1600	1.553062	1.395190	0.157872	2600	1.670802	1.418737	0.252065	3600	2.062470	1.624785	0.437684	4600	2.608889	1.979257	0.629632	5600	3.885664	3.065580	0.820084	6600	6.02440972	5.010651	1.013759
1696	1.550413	1.392310	0.158103	2696	1.672990	1.421041	0.251949	3696	2.105535	1.663936	0.441599	4696	2.759499	2.115243	0.644256	5696	4.179173	3.331568	0.847604	6696	6.5621694	5.576595	1.079622
1697	1.550068	1.392080	0.157988	2697	1.672874	1.421041	0.251834	3697	2.106111	1.664857	0.441253	4697	2.760995	2.116279	0.644716	5697	4.181476	3.334677	0.846799	6697	6.66393152	5.582697	1.081234
1698	1.550414	1.392196	0.158218	2698	1.672874	1.421041	0.252410	3698	2.105881	1.664973	0.440908	4698	2.762377	2.117546	0.644832	5698	4.184239	3.336750	0.847490	6698	6.67037954	5.588570	1.081810
1699	1.550644	1.391965	0.158679	2699	1.673220	1.420810	0.252409	3699	2.106456	1.665203	0.441253	4699	2.763183	2.118928	0.644256	5699	4.187118	3.339858	0.847259	6699	6.67705824	5.595479	1.081579
1700	1.550529	1.392196	0.158333	2700	1.672874	1.420925	0.251949	3700	2.106917	1.665663	0.441253	4700	2.765256	2.120309	0.644947	5700	4.189997	3.342046	0.847951	6700	6.68419715	5.599854	1.084343
1796	1.550528	1.392771	0.157757	2796	1.674717	1.422192	0.252525	3796	2.135818	1.692954	0.442865	4796	2.866353	2.216455	0.649898	5796	4.425240	3.567388	0.857852	6796	7.35170344	6.225678	1.126025
1797	1.550644	1.392656	0.157987	2797	1.674832	1.422193	0.252640	3797	2.135818	1.693760	0.442058	4797	2.866929	2.217492	0.649438	5797	4.427888	3.569461	0.858428	6797	7.35872713	6.232241	1.126486
1798	1.550183	1.392311	0.157872	2798	1.674947	1.422307	0.252640	3798	2.136624	1.693760	0.442864	4798	2.867390	2.218298	0.649092	5798	4.429846	3.571418	0.858428	6798	7.36690282	6.240302	1.126601
1799	1.550528	1.392541	0.157987	2799	1.674487	1.422422	0.252065	3799	2.137545	1.693645	0.443900	4799	2.868541	2.219334	0.649207	5799	4.431804	3.573951	0.857852	6799	7.37335097	6.247326	1.126025
1800	1.550643	1.392426	0.158218	2800	1.674832	1.422538	0.252294	3800	2.137315	1.694221	0.443095	4800	2.869347	2.219449	0.649898	5800	4.434337	3.576024	0.858313	6800	7.37979925	6.252738	1.127062
1896	1.549377	1.392311	0.157066	2896	1.677596	1.425186	0.252410	3896	2.159423	1.715753	0.443670	4896	2.945457	2.294985	0.650473	5896	4.631927	3.767512	0.864415	6896	8.07332752	6.917020	1.156307
1897	1.549262	1.392195	0.157067	2897	1.677480	1.425417	0.252064	3897	2.159768	1.715983	0.443785	4897	2.946264	2.296021	0.650243	5897	4.633539	3.768894	0.864645	6897	8.08138812	6.925311	1.156077
1898	1.549952	1.391620	0.158333	2898	1.677481	1.425532	0.251949	3898	2.159883	1.715983	0.443900	4898	2.948106	2.296251	0.651855	5898	4.636994	3.771658	0.865335	6898	8.08818178	6.931644	1.156538
1899	1.549952	1.392081	0.157872	2899	1.677250	1.425532	0.251719	3899	2.159999	1.716329	0.443670	4899	2.948451	2.297075	0.651394	5899	4.637569	3.772694	0.864875	6899	8.09566645	6.939359	1.156308
1900	1.549722	1.392081	0.157642	2900	1.677711	1.425416	0.252295	3900	2.160344	1.716328	0.444015	4900	2.948912	2.297403	0.651509	5900	4.639872	3.775343	0.864530	6900	8.10315073	6.946498	1.156653
1996	1.549722	1.391965	0.157757	2996	1.680129	1.427144	0.252985	3996	2.179343	1.734983	0.444360	4996	3.011550	2.359351	0.652199	5996	4.814204	3.946567	0.867637	6996	8.86312065	7.682402	1.180719
1997	1.549723	1.391735	0.157987	2997	1.679323	1.427259	0.252064	3997	2.179688	1.735213	0.444475	4997	3.012357	2.360502	0.651854	5997	4.816277	3.948179	0.868098	6997	8.87175680	7.690577	1.181180
1998	1.549722	1.392196	0.157527	2998	1.679438	1.427489	0.251949	3998	2.180034	1.735443	0.444591	4998	3.011896	2.360963	0.650933	5998	4.817313	3.949215	0.868098	6998	8.87921417	7.697716	1.181526
1999	1.549837	1.391850	0.157987	2999	1.679553	1.427259	0.252294	3999	2.179919	1.735443	0.444475	4999	3.012472	2.361654	0.650817	5999	4.819961	3.952093	0.867868	6999	8.88845304	7.706583	1.181870
2000	1.549262	1.391620	0.157642	3000	1.679784	1.427144	0.252640	4000	2.180149	1.735328	0.444821	5000	3.012932	2.361654	0.651278	6000	4.821113	3.953360	0.867753	7000	8.89651338	7.714527	1.181986
2096	1.551104	1.394614	0.156490	3096	1.680475	1.427720	0.252755	4096	2.196960	1.750989	0.445972	5096	3.067395	2.415427	0.651969	6096	4.976675	4.107887	0.868788	7096	9.71751372	8.551548	1.202366
2097	1.551335	1.394614	0.156721	3097	1.680935	1.428065	0.252870	4097	2.196154	1.750643	0.445511	5097	3.068202	2.416233	0.651969	6097	4.978633	4.110075	0.868558	7097	9.72615013	8.523784	1.202367
2098	1.550413	1.394614	0.155800	3098	1.680935	1.427719	0.253216	4098	2.196960	1.751219	0.445741	5098	3.069238	2.416924	0.652314	6098	4.980014	4.111687	0.868328	7098	9.73513166	8.532535	1.202597
2099	1.551219	1.394499	0.156720	3099	1.681165	1.427950	0.253215	4099	2.196499	1.751564	0.444936	5099	3.070159	2.417730	0.652429	6099	4.981626	4.112723	0.868903	7099	9.74365233	8.540940	1.202712
2100	1.551220	1.394614	0.156606	3100	1.680935	1.427719	0.253216	4100	2.197305	1.751334	0.445972	5100	3.070390	2.417384	0.653005	6100	4.983239	4.114450	0.868788	7100	9.75309458	8.550037	1.203057
2196	1.549607	1.391620	0.157987	3196	1.682317	1.429562	0.252755	4196	2.211469	1.764806	0.446663	5196	3.115756	2.464248	0.651508	6196	5.126826	4.254353	0.872472	7196	10.62694548	9.403853	1.223093
2197	1.549953	1.391850	0.158103	3197	1.682777	1.429792	0.252985	4197	2.211468	1.765497	0.445971	5197	3.116217	2.464479	0.651739	6197	5.128092	4.257002	0.871090	7197	10.63719357	9.413525	1.223668
2198	1.549147	1.391619	0.157527	3198	1.682778	1.429908	0.252870	4198	2.211468	1.765727	0.445741	5198	3.115987	2.465285	0.650702	6198	5.129244	4.257923	0.871321	7198	10.64663556	9.422737	1.223899
2199	1.549492	1.391850	0.157642	3199	1.682777	1.430022	0.252755	4199	2.212274	1.765151	0.447123	5199	3.115987	2.465285	0.650702	6199	5.130856	4.259535	0.871321	7199	10.65538680	9.431373	1.224014
2200	1.549722	1.391850	0.157872	3200	1.682778	1.430023	0.252755	4200	2.212620	1.765727	0.446893	5200	3.116793	2.465630	0.651163	6200	5.132007	4.260571	0.871436	7200	10.66563515	9.441045	1.224590
2296	1.549607	1.391274	0.158333	3296	1.684735	1.430713	0.254022	4296	2.225170	1.777011	0.448159	5296	3.125821	2.509385	0.649896	6296	5.262122	4.394717	0.867405	7296	11.64035786	10.393546	1.246812
2297	1.549722	1.391965																					

Anexo 6-26 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 2 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETITIVA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 12-may-15
MUESTRA: # 2 SIN GEOMALLA

L = 303.60 mm D = 149.46 mm																									
Esfuerzo Ciclico 68.9 KPa				Esfuerzo Ciclico 137.9 KPa				Esfuerzo Ciclico 275.8 KPa				Esfuerzo Ciclico 413.7 KPa				Esfuerzo Ciclico 551.6 KPa				Esfuerzo Ciclico 689.5 KPa					
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)		
1596	2.140322	1.951255	0.189067	2596	2.277463	1.963001	0.314462	3596	3.558092	3.030724	0.527367	4596	4.467972	3.743471	0.724500	5596	6.006469	5.091166	0.915303	6596	10.083917	8.995997	1.087920		
1597	2.139746	1.950449	0.189297	2597	2.277693	1.962655	0.315038	3597	3.559128	3.031761	0.527367	4597	4.471311	3.745659	0.725651	5597	6.010730	5.093814	0.916915	6597	10.090250	9.001294	1.088955		
1598	2.141013	1.951485	0.189527	2598	2.277693	1.962770	0.314923	3598	3.559473	3.032221	0.527252	4598	4.474305	3.748308	0.725997	5598	6.014759	5.097960	0.916800	6598	10.095892	9.006361	1.089531		
1599	2.140322	1.951140	0.189182	2599	2.277923	1.962770	0.315153	3599	3.560625	3.032912	0.527713	4599	4.476723	3.750726	0.725998	5599	6.018675	5.101760	0.916915	6599	10.101880	9.011427	1.090452		
1600	2.141128	1.951255	0.189873	2600	2.278614	1.962885	0.315729	3600	3.561085	3.033603	0.527483	4600	4.479026	3.753144	0.725882	5600	6.022820	5.105444	0.917376	6600	10.108558	9.017070	1.091489		
1696	2.137904	1.949758	0.188146	2696	2.283451	1.967261	0.316190	3696	3.626836	3.097396	0.529441	4696	4.682266	3.949819	0.732447	5696	6.347196	5.412434	0.934763	6696	10.717467	9.571049	1.146418		
1697	2.137558	1.949528	0.188031	2697	2.283681	1.967721	0.315960	3697	3.627988	3.097741	0.530247	4697	4.684684	3.951662	0.733022	5697	6.349615	5.415082	0.934532	6697	10.722879	9.574964	1.147915		
1698	2.138019	1.949182	0.188836	2698	2.283681	1.967261	0.316420	3698	3.628448	3.097972	0.530477	4698	4.686182	3.953044	0.733138	5698	6.352839	5.418191	0.934648	6698	10.728752	9.580377	1.148375		
1699	2.138134	1.949183	0.188951	2699	2.283796	1.967491	0.316305	3699	3.628679	3.098893	0.529786	4699	4.687909	3.955346	0.732562	5699	6.356754	5.421530	0.935223	6699	10.735661	9.586249	1.149412		
1700	2.137328	1.949298	0.188031	2700	2.283105	1.967146	0.315959	3700	3.629485	3.099123	0.530362	4700	4.689060	3.956498	0.732563	5700	6.359517	5.424752	0.934763	6700	10.742224	9.596842	1.145382		
1796	2.137558	1.948146	0.189412	2796	2.289208	1.973594	0.315614	3796	3.673358	3.142649	0.530708	4796	4.821368	4.086272	0.735095	5796	6.613423	5.673132	0.940291	6796	11.318776	10.134821	1.183956		
1797	2.136407	1.948261	0.188146	2797	2.288748	1.973709	0.315039	3797	3.674164	3.143340	0.530823	4797	4.822289	4.087654	0.734635	5797	6.615726	5.675666	0.940060	6797	11.323958	10.140578	1.183380		
1798	2.136637	1.948262	0.188375	2798	2.289438	1.973709	0.315729	3798	3.674164	3.143110	0.531054	4798	4.823440	4.088805	0.734635	5798	6.617684	5.677163	0.940521	6798	11.330291	10.146566	1.183725		
1799	2.136752	1.948261	0.188491	2799	2.289208	1.974055	0.315153	3799	3.674969	3.143686	0.531284	4799	4.825052	4.092720	0.732332	5799	6.620217	5.678775	0.941442	6799	11.336625	10.151748	1.184877		
1800	2.136407	1.948146	0.188260	2800	2.289438	1.973709	0.315729	3800	3.675891	3.144492	0.531399	4800	4.826088	4.090878	0.735210	5800	6.622865	5.681654	0.941211	6800	11.341921	10.157044	1.184877		
1896	2.136868	1.949182	0.187686	2896	2.293239	1.978430	0.314809	3896	3.711012	3.180649	0.530363	4896	4.924196	4.191979	0.732218	5896	6.829676	5.888463	0.941213	6896	11.903503	10.699972	1.203531		
1897	2.136868	1.949413	0.187455	2897	2.292893	1.978890	0.314003	3897	3.711457	3.180994	0.530478	4897	4.925348	4.192900	0.732448	5897	6.832555	5.890766	0.941789	6897	11.908915	10.705384	1.203531		
1898	2.137443	1.949413	0.188030	2898	2.292778	1.978890	0.313887	3898	3.711357	3.181570	0.529787	4898	4.926499	4.193706	0.732793	5898	6.833591	5.892033	0.941558	6898	11.914788	10.711256	1.203532		
1899	2.136983	1.949298	0.187685	2899	2.293008	1.978660	0.314348	3899	3.711588	3.182376	0.529212	4899	4.926960	4.195203	0.731757	5899	6.836009	5.894911	0.941098	6899	11.921005	10.716899	1.204107		
1900	2.136868	1.949298	0.187570	2900	2.293238	1.979351	0.313887	3900	3.712163	3.182031	0.530132	4900	4.928226	4.195548	0.732678	5900	6.837736	5.896178	0.941558	6900	11.926417	10.722426	1.203992		
1996	2.136062	1.947801	0.188260	2996	2.297499	1.985109	0.312390	3996	3.741297	3.212200	0.529097	4996	5.006297	4.278110	0.728188	5996	7.013341	6.076043	0.937298	6996	12.471185	11.259479	1.211707		
1997	2.136522	1.948147	0.188375	2997	2.297269	1.984878	0.312390	3997	3.740606	3.212085	0.528521	4997	5.007104	4.278455	0.728648	5997	7.015298	6.078231	0.937068	6997	12.476368	11.264661	1.211707		
1998	2.136501	1.948492	0.187109	2998	2.297153	1.984763	0.312390	3998	3.741296	3.212085	0.529211	4998	5.009407	4.279837	0.729570	5998	7.017026	6.080303	0.936722	6998	12.481780	11.269497	1.211283		
1999	2.136292	1.948492	0.187801	2999	2.297844	1.984648	0.313196	3999	3.741527	3.212315	0.529212	4999	5.008601	4.280182	0.728418	5999	7.018753	6.082031	0.936722	6999	12.487537	11.273757	1.213780		
2000	2.136292	1.948377	0.187915	3000	2.297729	1.984417	0.313312	4000	3.741757	3.212276	0.528981	5000	5.009176	4.280643	0.728533	6000	7.020250	6.083643	0.936607	7000	12.493295	11.280091	1.213205		
2096	2.136522	1.948377	0.188146	3096	2.300032	1.987411	0.312621	4096	3.765939	3.237188	0.528752	5096	5.073084	4.345702	0.727382	6096	7.175589	6.241514	0.934075	7096	13.025510	11.805742	1.219769		
2097	2.136983	1.948262	0.188721	3097	2.300493	1.987641	0.312852	4097	3.766515	3.236842	0.529673	5097	5.074005	4.346739	0.727267	6097	7.176740	6.243126	0.933614	7097	13.031038	11.810808	1.220229		
2098	2.135947	1.947801	0.188146	3098	2.300838	1.987411	0.313427	4098	3.765939	3.237072	0.528866	5098	5.074812	4.347084	0.727727	6098	7.178928	6.244968	0.933960	7098	13.036219	11.817026	1.219193		
2099	2.136522	1.948261	0.188261	3099	2.301414	1.987987	0.313427	4099	3.766745	3.237188	0.529557	5099	5.075618	4.347660	0.727958	6099	7.180080	6.246235	0.933844	7099	13.041631	11.822554	1.219077		
2100	2.136062	1.948261	0.187801	3100	2.301529	1.988792	0.312737	4100	3.766975	3.237188	0.529788	5100	5.076539	4.349157	0.727382	6100	7.182383	6.247732	0.934651	7100	13.047158	11.827044	1.220114		
2196	2.136983	1.949874	0.187109	3196	2.303256	1.989830	0.313426	4196	3.789890	3.263556	0.526334	5196	5.130889	4.404659	0.726230	6196	7.322061	6.392706	0.929354	7196	13.586053	12.362483	1.223570		
2197	2.137444	1.949183	0.188261	3197	2.303256	1.989829	0.313427	4197	3.789775	3.262961	0.526794	5197	5.131350	4.404890	0.726460	6197	7.323558	6.394548	0.929009	7197	13.591120	12.367321	1.223799		
2198	2.136983	1.949868	0.187915	3198	2.303487	1.989830	0.313657	4198	3.790005	3.263326	0.526679	5198	5.131580	4.405696	0.725885	6198	7.325285	6.396506	0.928779	7198	13.597107	12.373192	1.223915		
2199	2.137328	1.949643	0.187685	3199	2.303141	1.989945	0.313197	4199	3.790811	3.264132	0.526680	5199	5.132386	4.406991	0.726691	6199	7.326552	6.398223	0.928319	7199	13.603095	12.379756	1.223339		
2200	2.137328	1.949874	0.187455	3200	2.303832	1.989945	0.313887	4200	3.790350	3.264017	0.526334	5200	5.133495	4.408062	0.724733	6200	7.328164	6.398924	0.929240	7200	13.608162	12.384707	1.223454		
2296	2.138365	1.951485	0.186880	3296	2.305790	1.992709	0.313081	4296	3.809350	3.281635	0.527716	5296	5.182476	4.459010	0.732467										

Anexo 6-27 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 3 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 16-may-15
MUESTRA: # 3 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 305.60 mm
D = 148.95 mm

Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico			
68.9 KPa				137.9 KPa				275.8 KPa				413.7 KPa				551.6 KPa				689.5 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	2.243710	2.089555	0.154154	2596	2.365168	2.104706	0.260462	3596	3.288998	2.840833	0.448164	4596	4.759076	4.097739	0.661338	5596	7.685173	6.861891	0.823282	6596	12.011139	10.978952	1.032187
1597	2.243671	2.089210	0.154460	2597	2.365207	2.104431	0.260776	3597	3.285979	2.841995	0.447583	4597	4.761982	4.099865	0.662116	5597	7.689191	6.865052	0.824139	6597	12.018100	10.985224	1.032876
1598	2.243326	2.089191	0.154135	2598	2.365040	2.104667	0.260373	3598	3.290435	2.842379	0.448056	4598	4.764767	4.103046	0.661721	5598	7.692697	6.868980	0.823716	6598	12.024717	10.990601	1.034116
1599	2.243582	2.089102	0.154480	2599	2.365168	2.104884	0.260284	3599	3.291636	2.843196	0.448440	4599	4.768037	4.105645	0.662391	5599	7.697078	6.873342	0.823736	6599	12.031914	10.998271	1.033643
1600	2.243435	2.088974	0.154460	2600	2.365827	2.104776	0.261051	3600	3.291616	2.843905	0.447711	4600	4.769947	4.108206	0.661741	5600	7.700859	6.876795	0.824464	6600	12.038550	11.004179	1.034372
1696	2.241308	2.087901	0.153407	2696	2.372405	2.111265	0.261140	3696	3.353843	2.901622	0.452220	4696	4.964835	4.299666	0.665169	5696	8.028804	7.188093	0.840711	6696	12.713555	11.642885	1.070670
1697	2.241711	2.088048	0.153662	2697	2.372060	2.111520	0.260540	3697	3.354877	2.902242	0.452635	4697	4.966419	4.301862	0.664557	5697	8.031334	7.191382	0.839952	6697	12.719928	11.649738	1.070190
1698	2.241346	2.087595	0.153752	2698	2.372060	2.111412	0.260648	3698	3.354986	2.902657	0.452329	4698	4.968763	4.303664	0.665099	5698	8.034604	7.193892	0.840711	6698	12.727834	11.656680	1.071154
1699	2.241800	2.087882	0.153918	2699	2.372188	2.111609	0.260578	3699	3.355714	2.902843	0.452871	4699	4.970289	4.304737	0.665553	5699	8.037420	7.196837	0.840583	6699	12.734943	11.662971	1.071972
1700	2.241219	2.087684	0.153535	2700	2.372188	2.111737	0.260451	3700	3.355861	2.903552	0.452310	4700	4.971854	4.306538	0.665316	5700	8.040767	7.200292	0.840475	6700	12.742102	11.670917	1.071185
1796	2.243070	2.090098	0.152973	2796	2.377731	2.117281	0.260451	3796	3.400729	2.947032	0.453696	4796	5.102436	4.435280	0.667156	5796	8.300745	7.457767	0.842977	6796	13.431177	12.332072	1.099105
1797	2.242745	2.090392	0.152353	2797	2.377731	2.117083	0.260648	3797	3.401310	2.947741	0.453569	4797	5.102486	4.436283	0.666203	5797	8.303363	7.460022	0.843342	6797	13.437774	12.339634	1.098140
1798	2.243198	2.090245	0.152953	2798	2.377661	2.117428	0.260234	3798	3.401980	2.948016	0.453964	4798	5.104799	4.438026	0.666773	5798	8.305924	7.462129	0.843795	6798	13.445808	12.346793	1.099016
1799	2.242726	2.090481	0.152245	2799	2.377367	2.117594	0.259773	3799	3.401763	2.947978	0.453785	4799	5.104908	4.439099	0.665808	5799	8.308415	7.464709	0.843706	6799	13.452317	12.353332	1.098984
1800	2.242656	2.090500	0.152155	2800	2.378459	2.117556	0.260904	3800	3.402906	2.948578	0.454328	4800	5.107162	4.440006	0.667156	5800	8.310887	7.468688	0.842199	6800	13.460312	12.360479	1.098933
1896	2.243562	2.091318	0.152245	2896	2.382605	2.122212	0.260392	3896	3.437976	2.983788	0.454188	4896	5.205741	4.541026	0.664716	5896	8.525609	7.681195	0.844415	6896	14.202576	13.075017	1.127558
1897	2.243365	2.091554	0.151811	2897	2.382515	2.122429	0.260086	3897	3.438213	2.983535	0.452860	4897	5.206884	4.542041	0.664844	5897	8.526407	7.682632	0.843775	6897	14.210354	13.082362	1.127992
1898	2.243384	2.091465	0.151919	2898	2.382822	2.122390	0.260431	3898	3.438685	2.984536	0.454150	4898	5.206776	4.543183	0.663592	5898	8.529154	7.684011	0.845143	6898	14.218261	13.090800	1.127462
1899	2.243454	2.091573	0.151880	2899	2.382822	2.122685	0.260137	3899	3.440231	2.984063	0.456168	4899	5.208622	4.544020	0.664665	5899	8.530572	7.686157	0.844415	6899	14.226660	13.098156	1.128504
1900	2.244054	2.091573	0.152481	2900	2.382605	2.122576	0.260028	3900	3.439375	2.984989	0.454386	4900	5.208922	4.544965	0.663956	5900	8.533043	7.688904	0.844140	6900	14.234803	13.106593	1.128209
1996	2.242853	2.090353	0.152500	2996	2.385804	2.124901	0.260904	3996	3.467809	3.010932	0.456877	4996	5.289778	4.629583	0.660195	5996	8.715175	7.871892	0.843283	6996	15.035469	13.874738	1.160731
1997	2.242764	2.090264	0.152500	2997	2.385549	2.124881	0.260667	3997	3.468262	3.011424	0.456838	4997	5.290812	4.629928	0.660884	5997	8.717135	7.874324	0.842811	6997	15.044635	13.883354	1.161281
1998	2.243326	2.090245	0.153081	2998	2.385932	2.124664	0.261268	3998	3.468499	3.011591	0.456908	4998	5.290685	4.630656	0.660028	5998	8.719045	7.874995	0.844050	6998	15.053231	13.891586	1.161645
1999	2.242784	2.090117	0.152667	2999	2.386188	2.124812	0.261376	3999	3.467848	3.011699	0.456149	4999	5.292122	4.631454	0.660668	5999	8.720936	7.876885	0.844050	6999	15.062191	13.899620	1.162571
2000	2.243109	2.090156	0.152953	3000	2.385785	2.125137	0.260648	4000	3.469394	3.012083	0.457311	5000	5.292486	4.631454	0.661032	6000	8.723082	7.878884	0.844198	7000	15.071241	13.908600	1.162641
2096	2.243128	2.091120	0.152008	3096	2.390550	2.130464	0.260086	4096	3.494679	3.039003	0.455676	5096	5.358358	4.700487	0.657871	6096	8.886297	8.044718	0.841579	7096	15.940262	14.760201	1.180062
2097	2.243326	2.090973	0.152353	3097	2.389860	2.130425	0.259436	4097	3.494806	3.039111	0.455695	5097	5.359195	4.701649	0.657545	6097	8.888188	8.046155	0.842032	7097	15.949530	14.767635	1.181716
2098	2.243671	2.090973	0.152698	3098	2.390058	2.130316	0.259742	4098	3.495023	3.039111	0.455912	5098	5.359520	4.702072	0.657448	6098	8.889241	8.047937	0.841304	7098	15.958586	14.777393	1.181193
2099	2.243237	2.091012	0.152225	3099	2.390147	2.130681	0.259467	4099	3.494915	3.038964	0.455951	5099	5.360357	4.703036	0.657320	6099	8.891004	8.048891	0.842013	7099	15.967802	14.786462	1.181340
2100	2.243543	2.090865	0.152678	3100	2.390441	2.130630	0.259811	4100	3.495260	3.039386	0.455874	5100	5.361794	4.702622	0.659172	6100	8.892677	8.051118	0.841560	7100	15.977087	14.795244	1.181844
2196	2.243690	2.090392	0.153298	3196	2.393839	2.133702	0.260137	4196	3.518987	3.062877	0.456110	5196	5.416342	4.761001	0.655341	6196	9.039134	8.198342	0.840793	7196	16.907421	15.694373	1.213048
2197	2.243729	2.090775	0.152953	3197	2.393730	2.133152	0.260578	4197	3.518367	3.062327	0.456040	5197	5.417140	4.761710	0.655430	6197	9.040878	8.199771	0.841106	7197	16.916943	15.705333	1.211611
2198	2.243779	2.090500	0.153279	3198	2.393316	2.133210	0.260106	4198	3.518915	3.062692	0.456493	5198	5.418488	4.762222	0.656267	6198	9.042078	8.201445	0.840634	7198	16.926326	15.715002	1.211324
2199	2.244054	2.090648	0.153407	3199	2.393022	2.132993	0.260028	4199	3.518840	3.063311	0.455529	5199	5.418430	4.762873	0.655558	6199	9.043388	8.203010	0.840378	7199	16.936576	15.724276	1.212300
2200	2.243818	2.091101	0.152717	3200	2.393878	2.132935	0.260942	4200	3.519568	3.063528	0.456040	5200	5.418155	4.763237	0.654919	6200	9.045495	8.204044	0.841451	7200	16.947791	15.735491	1.212300
2296	2.244399	2.091376	0.153023	3296	2.396113	2.134737	0.261376	4296	3.539821	3.082018	0.457803	5296	5.467288	4.814202	0.653086	6296	9.178029	8.337709	0.840320	7296	17.947049	16.715310	1.231739
2297	2.245275	2.091465	0.153810	3297	2.395571	2.134558	0.261012	4297	3.539496	3.082108	0.457388	5297	5.46										

Anexo 6-28 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 4 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA : Papulacta
FECHA : 16-may-15
MUESTRA: # 4 SIN GEOMALLA

DATOS:

L = 303.71 mm
D = 149.20 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 685.5 KPa			
# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max.- Mín (mm)
1596	1.815358	1.666209	0.150149	2596	1.927708	1.674066	0.253702	3596	2.764353	2.137785	0.626567	4596	4.008732	3.381749	0.626984	5596	6.666932	5.880899	0.786023	6596	10.105222	9.189850	0.970673
1597	1.815180	1.665500	0.150679	2597	1.927698	1.673465	0.254233	3597	2.765023	2.138188	0.626835	4597	4.010692	3.383786	0.626906	5597	6.670222	5.883894	0.786228	6597	10.164707	9.194743	0.969964
1598	1.815262	1.665717	0.149645	2598	1.927698	1.673701	0.253996	3598	2.764659	2.138219	0.626439	4598	4.012436	3.380021	0.626444	5598	6.673066	5.886828	0.786228	6598	10.171716	9.195666	0.971509
1599	1.815432	1.665411	0.150021	2599	1.928535	1.673938	0.254597	3599	2.765925	2.139587	0.626343	4599	4.015360	3.387951	0.627410	5599	6.676503	5.889387	0.787115	6599	10.176030	9.205032	0.970998
1600	1.815288	1.665373	0.150916	2600	1.928918	1.673957	0.254961	3600	2.765348	2.139203	0.626145	4600	4.010788	3.389822	0.626976	5600	6.679358	5.891800	0.787488	6600	10.183138	9.209938	0.971382
1606	1.812468	1.662576	0.149912	2606	1.933300	1.680963	0.252337	3606	2.813300	2.163296	0.650003	4606	4.160809	3.534094	0.633995	5606	6.946839	6.145534	0.801305	6606	10.658682	9.667041	0.998820
1607	1.812252	1.662920	0.149223	2607	1.933567	1.680721	0.252846	3607	2.813389	2.163900	0.650223	4607	4.160960	3.535073	0.633286	5607	6.948838	6.148675	0.800163	6607	10.670805	9.671148	0.999657
1608	1.812469	1.662901	0.149548	2608	1.933733	1.680427	0.253307	3608	2.814787	2.164208	0.650507	4608	4.170158	3.536871	0.633286	5608	6.951368	6.151620	0.799748	6608	10.676132	9.676947	0.999185
1609	1.812124	1.663448	0.149676	2609	1.934534	1.680268	0.254066	3609	2.814008	2.164478	0.649531	4609	4.171428	3.537836	0.633593	5609	6.953742	6.154839	0.798904	6609	10.680740	9.680530	0.999219
1700	1.812469	1.662773	0.149695	2700	1.933881	1.680034	0.253857	3700	2.815238	2.165295	0.650003	4700	4.171391	3.539234	0.633957	5700	6.956636	6.157388	0.799348	6700	10.685948	9.685671	0.999277
1706	1.812507	1.663304	0.149203	2706	1.938940	1.684335	0.254214	3706	2.849269	2.167672	0.624387	4706	4.276245	3.642280	0.633957	5706	7.161020	6.359358	0.801662	6706	11.128095	10.126351	1.012154
1787	1.813600	1.663323	0.150277	2787	1.937584	1.684099	0.253485	3787	2.848765	2.167816	0.630949	4787	4.276136	3.642722	0.633414	5787	7.163452	6.361618	0.801534	6787	11.142139	10.130918	1.011221
1788	1.812872	1.664013	0.148859	2788	1.937662	1.684463	0.253198	3788	2.849544	2.168255	0.631018	4788	4.278086	3.644159	0.632547	5788	7.165854	6.364231	0.801623	6788	11.147958	10.135548	1.012410
1799	1.813158	1.663137	0.150021	2799	1.938940	1.684355	0.254005	3799	2.849544	2.168653	0.630801	4799	4.278441	3.644602	0.633809	5799	7.167400	6.363936	0.801464	6799	11.151936	10.140165	1.011771
1800	1.814084	1.663827	0.150257	2800	1.938115	1.685454	0.252670	3800	2.849397	2.168487	0.630910	4800	4.278678	3.645522	0.634352	5800	7.169143	6.367807	0.801337	6800	11.156790	10.144310	1.012480
1806	1.813621	1.663912	0.150218	2806	1.941512	1.687729	0.254213	3806	2.876030	2.172430	0.653593	4806	4.275993	3.722439	0.633554	5806	7.239417	6.386801	0.800736	6806	11.588560	10.568360	1.020201
1807	1.813178	1.663393	0.149785	2807	1.941040	1.687190	0.253849	3807	2.876630	2.174402	0.626603	4807	4.256830	3.723435	0.631082	5807	7.240451	6.390767	0.800678	6807	11.592197	10.574428	1.018940
1808	1.813108	1.662974	0.149134	2808	1.941059	1.687152	0.253907	3808	2.876651	2.174964	0.631985	4808	4.256995	3.727732	0.631082	5808	7.242597	6.400154	0.800584	6808	11.597195	10.577378	1.019817
1809	1.814098	1.663393	0.151005	2809	1.941966	1.686620	0.255337	3809	2.876808	2.174372	0.630307	4809	4.257794	3.727345	0.632450	5809	7.244341	6.402903	0.801437	6809	11.602205	10.579488	1.020235
1900	1.812961	1.663482	0.149479	2900	1.941729	1.687733	0.253996	3900	2.876630	2.174402	0.633554	4900	4.256830	3.725511	0.630903	5900	7.245906	6.402096	0.801296	6900	11.617920	10.579028	1.021054
1906	1.812468	1.663246	0.149342	2906	1.945804	1.692153	0.253741	3906	2.899308	2.166221	0.633087	4906	4.422024	3.792014	0.630009	5906	7.498897	6.692129	0.800678	6906	12.015344	10.922134	1.018940
1907	1.812538	1.662665	0.149874	2907	1.945165	1.691719	0.253446	3907	2.899711	2.166713	0.633008	4907	4.422880	3.792557	0.630323	5907	7.496239	6.692557	0.800678	6907	12.019807	10.922908	1.019617
1908	1.813158	1.663068	0.150091	2908	1.944929	1.691878	0.253051	3908	2.899475	2.167038	0.632436	4908	4.423333	3.792781	0.630552	5908	7.497422	6.696457	0.800965	6908	12.023596	1.018811	1.021785
1909	1.812143	1.663575	0.148386	2909	1.944929	1.691611	0.253319	3909	2.899263	2.166900	0.632653	4909	4.424387	3.793580	0.630807	5909	7.499037	6.698838	0.800709	6909	12.027613	1.018011	1.022602
2000	1.812271	1.663246	0.149025	3000	1.944899	1.691789	0.253071	4000	2.900331	2.167767	0.632564	5000	4.425185	3.794013	0.631171	6000	7.500130	6.699560	0.800569	7000	12.023665	1.018846	1.021498
2006	1.813542	1.663521	0.150021	3006	1.947803	1.694731	0.253071	4006	2.915995	2.167814	0.632181	5006	4.426801	3.784883	0.632897	6006	7.502840	6.703840	0.800569	7006	12.023665	1.018846	1.021498
2007	1.812666	1.663176	0.149490	3007	1.947075	1.694210	0.252865	4007	2.920103	2.168758	0.632525	5007	4.427022	3.785019	0.632904	6007	7.504314	6.705980	0.799823	7007	12.025500	1.019752	1.021948
2008	1.813088	1.662793	0.150296	3008	1.947745	1.694152	0.253594	4008	2.919886	2.168797	0.632289	5008	4.480128	3.850828	0.629300	6008	7.612165	6.831873	0.799302	7008	12.024027	1.014146	1.027743
2009	1.813187	1.663285	0.149912	3009	1.947893	1.694407	0.253485	4009	2.920467	2.168826	0.632221	5009	4.480128	3.850828	0.629409	6009	7.612466	6.832466	0.800019	7009	12.024372	1.014506	1.028146
2100	1.812852	1.663029	0.149823	3100	1.948129	1.694299	0.253830	4100	2.920762	2.168784	0.632948	5100	4.481221	3.853152	0.629608	6100	7.613903	6.833706	0.800108	7100	12.024787	1.014598	1.028580
2106	1.813395	1.663993	0.149401	3106	1.950402	1.697115	0.253277	4106	2.936683	2.169470	0.631964	5106	4.525844	3.899194	0.626650	6106	7.749559	6.951399	0.798160	7106	12.041381	1.018052	1.037529
2197	1.813600	1.663846	0.149754	3197	1.950856	1.697696	0.253160	4197	2.937481	2.169011	0.632471	5197	4.526751	3.899794	0.626957	6197	7.750504	6.952030	0.798474	7197	12.045851	1.018058	1.037529
2198	1.814251	1.664377	0.149874	3198	1.951182	1.697115	0.254066	4198	2.937117	2.169061	0.632056	5198	4.526929	3.899803	0.627026	6198	7.751616	6.954176	0.797499	7198	12.049466	1.018109	1.038377
2199	1.812126	1.664102	0.149114	3199	1.950984	1.697007	0.253977	4199	2.936889	2.168883	0.632106	5199	4.526821	3.900014	0.626406	6199	7.752739	6.954804	0.797815	7199	12.053866	1.018156	1.038701
2200	1.813670	1.664102	0.149568	3200	1.950856	1.697115	0.253741	4200	2.936408	2.169337	0.632007	5200	4.528405	3.900956	0.627448	6200	7.754118	6.956885	0.797723	7200	12.057539	1.018216	1.039743
2206	1.813789	1.664358	0.150021	3206	1.952747	1.700079	0.252668	4206	2.952714	1.700079	0.252668	5206	4.567280	3.942144	0.626136	6206	7.856887	7.062545	0.796142	7206	12.215137	1.044513	1.049618
2207	1.813286	1.664269	0.149018	320																			

Anexo 6-29 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 5 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 16-may-15
MUESTRA: # 5 SIN GEOMALLA

DATOS:

L = 302.82 mm
D = 149.94 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.543305	1.382638	0.160666	2596	1.655431	1.386106	0.269325	3596	2.590498	2.142268	0.448230	4596	3.925032	3.279597	0.645435	5596	6.090593	5.289055	0.801538	6596	9.185892	8.201738	0.984154
1597	1.542328	1.382491	0.159837	2597	1.655993	1.386272	0.269721	3597	2.591935	2.142888	0.449047	4597	3.927287	3.281577	0.645710	5597	6.094285	5.292275	0.802011	6597	9.191583	8.206573	0.985010
1598	1.542890	1.382727	0.160163	2598	1.654811	1.386342	0.268469	3598	2.592338	2.144495	0.447943	4598	3.928615	3.283084	0.645532	5598	6.097830	5.295672	0.802158	6598	9.197785	8.212411	0.985374
1599	1.542340	1.382855	0.159485	2599	1.655795	1.386253	0.269542	3599	2.593392	2.143491	0.449450	4599	3.931323	3.285102	0.646221	5599	6.101119	5.298419	0.802700	6599	9.203960	8.217168	0.986792
1600	1.542890	1.383053	0.159837	2600	1.655342	1.385563	0.269779	3600	2.593698	2.145014	0.448683	4600	3.932338	3.285958	0.646380	5600	6.104357	5.301324	0.803033	6600	9.210449	8.222367	0.988032
1696	1.540105	1.381112	0.158993	2696	1.659599	1.389216	0.270383	3696	2.640231	2.189204	0.451027	4696	4.090285	3.437850	0.652435	5696	6.398735	5.583619	0.815116	6696	9.802165	8.784370	1.017795
1697	1.540252	1.380562	0.159690	2697	1.659320	1.389414	0.269906	3697	2.640812	2.189440	0.451372	4697	4.090560	3.438942	0.651618	5697	6.402536	5.583666	0.816170	6697	9.808378	8.790022	1.018357
1698	1.540833	1.380473	0.160360	2698	1.659429	1.389708	0.269721	3698	2.641176	2.190021	0.451155	4698	4.092520	3.440469	0.652052	5698	6.404190	5.588766	0.815314	6698	9.814906	8.795093	1.019813
1699	1.540144	1.380473	0.159671	2699	1.659832	1.389867	0.269965	3699	2.641668	2.190494	0.451174	4699	4.094027	3.442832	0.651196	5699	6.406917	5.591673	0.815244	6699	9.821000	8.800458	1.020542
1700	1.540597	1.380492	0.160105	2700	1.660285	1.389542	0.270743	3700	2.641885	2.190533	0.451352	4700	4.095395	3.443324	0.652071	5700	6.409822	5.594331	0.815492	6700	9.827667	8.808109	1.019558
1796	1.538272	1.379617	0.158656	2796	1.663574	1.393450	0.270123	3796	2.673818	2.221578	0.452240	4796	4.199049	3.546666	0.652083	5796	6.642493	5.825192	0.817301	6796	10.423454	9.381342	1.042112
1797	1.538854	1.379380	0.159473	2797	1.663357	1.394032	0.269325	3797	2.673581	2.221923	0.451658	4797	4.200684	3.551200	0.649483	5797	6.644275	5.826099	0.818176	6797	10.429923	9.387467	1.042456
1798	1.538776	1.379253	0.159523	2798	1.663919	1.393904	0.270015	3798	2.674310	2.222849	0.451461	4798	4.200781	3.548562	0.652218	5798	6.646274	5.828059	0.818215	6798	10.435211	9.394045	1.041186
1799	1.538528	1.379783	0.158745	2799	1.663899	1.393648	0.270251	3799	2.674310	2.222721	0.451589	4799	4.201795	3.550019	0.651777	5799	6.648873	5.830244	0.818630	6799	10.442083	9.402443	1.039640
1800	1.539090	1.379291	0.159799	2800	1.663919	1.393520	0.270398	3800	2.675255	2.222721	0.452534	4800	4.203047	3.550108	0.652939	5800	6.650981	5.831987	0.818994	6800	10.447429	9.405732	1.041697
1896	1.537870	1.378435	0.159434	2896	1.667246	1.393701	0.269945	3896	2.700993	2.249788	0.451205	4896	4.284310	3.636353	0.647957	5896	6.847035	6.031977	0.815058	6896	11.054354	10.000021	1.054334
1897	1.538253	1.377854	0.160399	2897	1.667680	1.397193	0.270488	3897	2.701044	2.249896	0.451058	4897	4.285530	3.636748	0.648782	5897	6.848798	6.032992	0.815805	6897	11.060134	10.005673	1.054462
1898	1.538617	1.378090	0.160527	2898	1.667572	1.397960	0.269612	3898	2.700805	2.249749	0.451116	4898	4.285185	3.637100	0.648085	5898	6.850905	6.032297	0.815608	6898	11.066968	10.013599	1.053369
1899	1.538036	1.378257	0.159779	2899	1.667188	1.397743	0.269445	3899	2.701791	2.249571	0.452220	4899	4.286622	3.638115	0.648507	5899	6.852451	6.036932	0.815519	6899	11.073546	10.020254	1.053292
1900	1.538451	1.378365	0.160085	2900	1.668133	1.398196	0.269937	3900	2.701811	2.249896	0.451825	4900	4.287440	3.638677	0.648763	5900	6.854341	6.039117	0.815224	6900	11.079907	10.025414	1.054493
1996	1.537780	1.378257	0.159523	2996	1.670043	1.400501	0.269542	3996	2.722548	2.269510	0.453038	4996	4.352506	3.707710	0.644796	5996	7.023151	6.208019	0.815131	6996	11.710981	10.640881	1.070101
1997	1.538017	1.378346	0.159671	2997	1.670024	1.399978	0.270046	3997	2.722059	2.269963	0.453096	4997	4.353470	3.708202	0.645268	5997	7.024913	6.208837	0.816077	6997	11.717706	10.647695	1.070111
1998	1.538381	1.378199	0.160182	2998	1.669737	1.400303	0.269434	3998	2.722823	2.269963	0.452859	4998	4.354052	3.708802	0.645249	5998	7.026420	6.210867	0.815554	6998	11.724412	10.653886	1.070426
1999	1.538036	1.378652	0.159384	2999	1.670260	1.399250	0.271011	3999	2.722439	2.270041	0.452398	4999	4.354269	3.709256	0.645013	5999	7.028291	6.212618	0.815674	6999	11.731098	10.659855	1.071243
2000	1.538017	1.378180	0.159837	3000	1.670063	1.400176	0.269887	4000	2.723059	2.271056	0.452003	5000	4.355469	3.709128	0.646342	6000	7.029856	6.214489	0.815368	7000	11.737804	10.667564	1.070240
2096	1.537122	1.377873	0.159248	3096	1.672732	1.402794	0.269937	4096	2.742142	2.289449	0.452693	5096	4.410196	3.766078	0.644118	6096	7.179416	6.367876	0.811540	7096	12.419732	11.332768	1.086964
2097	1.537436	1.378327	0.159109	3097	1.672643	1.403286	0.269356	4097	2.741472	2.289577	0.451895	5097	4.410413	3.766237	0.644176	6097	7.182054	6.368674	0.813380	7097	12.426840	11.339168	1.087673
2098	1.538470	1.378218	0.160252	3098	1.672643	1.402903	0.269740	4098	2.741522	2.289596	0.451926	5098	4.410502	3.766946	0.643556	6098	7.182942	6.370692	0.812249	7098	12.434766	11.347803	1.086964
2099	1.537959	1.378435	0.159523	3099	1.672732	1.402340	0.270302	4099	2.741708	2.289833	0.451875	5099	4.411792	3.767841	0.643951	6099	7.184359	6.372149	0.812211	7099	12.441491	11.351398	1.090094
2100	1.537819	1.378218	0.159601	3100	1.673007	1.402283	0.270724	4100	2.742250	2.289193	0.453057	5100	4.411556	3.768019	0.643537	6100	7.185797	6.374799	0.810998	7100	12.447818	11.358359	1.089459
2196	1.538489	1.377637	0.160852	3196	1.674750	1.404844	0.269906	4196	2.757955	2.306138	0.451817	5196	4.460669	3.819693	0.640976	6196	7.319160	6.508425	0.810735	7196	13.169770	12.062558	1.107213
2197	1.537416	1.377676	0.159740	3197	1.674878	1.404410	0.270468	4197	2.757827	2.305537	0.452290	5197	4.461250	3.820217	0.641123	6197	7.320341	6.510335	0.810066	7197	13.177479	12.068612	1.108867
2198	1.537870	1.377912	0.159957	3198	1.675715	1.404282	0.271433	4198	2.758497	2.305971	0.452526	5198	4.461339	3.820530	0.640810	6198	7.321159	6.511114	0.810045	7198	13.184785	12.077445	1.107340
2199	1.538195	1.378582	0.159613	3199	1.675823	1.404774	0.271049	4199	2.759156	2.306227	0.452929	5199	4.462048	3.821258	0.640790	6199	7.323069	6.512315	0.810754	7199	13.192692	12.084643	1.108049
2200	1.537978	1.378110	0.159868	3200	1.675095	1.404390	0.270704	4200	2.758703	2.306552	0.452150	5200	4.461959	3.821583	0.640376	6200	7.324122	6.513368	0.810754	7200	13.200107	12.091368	1.108731
2296	1.537544	1.377381	0.160163	3296	1.677950	1.408280	0.269670	4296	2.773079	2.320239	0.452840	5296	4.506811	3.869821	0.639990	6296	7.446673	6.638251	0.808422	7296	13.959232	12.808672	1.128651
2297	1.537908	1.377835	0.160074	3297	1.6780																		

Anexo 6-30 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 6 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETITIVA

ELABORADO POR: Tesis Funes Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Quito
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA : Papallaza
FECHA : 18-may-15
MUESTRA: # 6 SIN GEOMALLA

Dato:		303.18 mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm		mm	
-------	--	-----------	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--

Anexo 6-31 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 7 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 23-may-15
MUESTRA: # 7 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.41 mm
D = 149.03 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.360473	1.195805	0.164668	2596	1.481304	1.202089	0.279216	3596	2.236580	1.765634	0.470947	4596	3.977457	3.289056	0.688401	5596	7.103692	6.239082	0.864609	6596	11.597929	10.516869	1.081060
1597	1.359834	1.196150	0.163684	2597	1.481413	1.202728	0.278685	3597	2.236797	1.766707	0.470091	4597	3.981129	3.290334	0.690795	5597	7.108635	6.243700	0.864935	6597	11.606277	10.525887	1.080390
1598	1.360837	1.196770	0.164068	2598	1.481796	1.202817	0.278979	3598	2.237053	1.766943	0.470110	4598	3.982311	3.292512	0.689799	5598	7.113469	6.249716	0.863753	6598	11.614432	10.533135	1.081296
1599	1.361252	1.197312	0.163940	2599	1.481649	1.203456	0.278193	3599	2.237832	1.767780	0.470052	4599	3.985689	3.295967	0.689722	5599	7.117742	6.252316	0.865427	6599	11.623469	10.540589	1.082881
1600	1.361341	1.197331	0.164010	2600	1.481924	1.203034	0.278890	3600	2.239033	1.768547	0.470486	4600	3.989055	3.298400	0.690655	5600	7.122430	6.256678	0.865752	6600	11.633267	10.548623	1.084643
1696	1.359067	1.194368	0.164699	2696	1.486522	1.207741	0.278782	3696	2.292756	1.818067	0.474689	4696	4.217430	3.517992	0.699438	5696	7.512865	6.629556	0.883309	6696	12.534949	11.401552	1.133396
1697	1.358397	1.193748	0.164649	2697	1.486956	1.208302	0.278654	3697	2.293318	1.817831	0.475487	4697	4.219026	3.519596	0.699430	5697	7.516863	6.631958	0.884905	6697	12.544273	11.411477	1.132796
1698	1.358672	1.194298	0.164374	2698	1.487053	1.208105	0.278948	3698	2.293387	1.818629	0.474759	4698	4.221153	3.521595	0.699558	5698	7.520121	6.635828	0.884293	6698	12.554562	11.421402	1.133160
1699	1.358652	1.194713	0.163940	2699	1.487409	1.207996	0.279413	3699	2.293682	1.819070	0.474612	4699	4.222481	3.523791	0.698690	5699	7.524080	6.639501	0.884579	6699	12.563720	11.429111	1.134609
1700	1.358614	1.194348	0.164265	2700	1.487557	1.207977	0.279580	3700	2.294352	1.819504	0.474848	4700	4.224442	3.525190	0.699252	5700	7.528186	6.643224	0.884963	6700	12.573595	11.440071	1.135254
1796	1.358091	1.194240	0.163851	2796	1.491574	1.213028	0.278545	3796	2.331030	1.853870	0.477161	4796	4.380940	3.681029	0.699910	5796	7.853990	6.964529	0.889460	6796	13.520764	12.366457	1.154308
1797	1.358199	1.194240	0.163959	2797	1.492391	1.212722	0.279669	3797	2.331189	1.854342	0.476847	4797	4.382210	3.680576	0.701634	5797	7.857189	6.967059	0.890131	6797	13.530414	12.371163	1.159251
1798	1.357618	1.193895	0.163723	2798	1.491446	1.212664	0.278782	3798	2.332409	1.854617	0.477792	4798	4.383283	3.682269	0.701014	5798	7.860606	6.970743	0.889863	6798	13.540103	12.379415	1.160688
1799	1.358544	1.193934	0.164610	2799	1.491338	1.212831	0.278507	3799	2.332735	1.854431	0.478303	4799	4.385065	3.684504	0.700561	5799	7.863442	6.974001	0.889441	6799	13.550686	12.390393	1.160293
1800	1.358397	1.194476	0.163920	2800	1.491721	1.212556	0.279165	3800	2.333099	1.855741	0.477358	4800	4.386533	3.686414	0.700119	5800	7.867351	6.976689	0.890661	6800	13.561154	12.400652	1.160502
1896	1.358889	1.194170	0.164719	2896	1.493553	1.214229	0.279324	3896	2.362029	1.883331	0.478699	4896	4.503932	3.806827	0.697106	5896	8.154853	7.258992	0.895860	6896	14.572642	13.391581	1.181061
1897	1.358180	1.194496	0.163684	2897	1.493701	1.213954	0.279746	3897	2.362138	1.883017	0.479121	4897	4.504750	3.808423	0.696327	5897	8.157343	7.263935	0.893408	6897	14.583314	13.402048	1.181266
1898	1.357835	1.194170	0.163665	2898	1.493278	1.214318	0.278960	3898	2.362285	1.883784	0.478501	4898	4.505842	3.808609	0.697233	5898	8.160288	7.266899	0.893389	6898	14.594274	13.413519	1.180755
1899	1.358199	1.194112	0.164087	2899	1.493406	1.214555	0.278852	3899	2.362540	1.884799	0.477742	4899	4.507624	3.810824	0.696799	5899	8.163429	7.269607	0.893822	6899	14.605578	13.424428	1.181150
1900	1.357963	1.194259	0.163704	2900	1.494390	1.215264	0.279127	3900	2.362905	1.884512	0.478393	4900	4.507860	3.810007	0.697853	5900	8.165575	7.273132	0.892443	6900	14.615797	13.433713	1.182084
1996	1.356673	1.192950	0.163723	2996	1.497148	1.218750	0.278398	3996	2.387659	1.909247	0.478412	4996	4.601992	3.906975	0.695017	5996	8.424197	7.531006	0.893191	6996	15.708207	14.497185	1.211022
1997	1.356762	1.192752	0.164010	2997	1.497768	1.219242	0.278526	3997	2.388112	1.910370	0.477742	4997	4.603205	3.907881	0.695324	5997	8.426777	7.532808	0.893970	6997	15.719166	14.510872	1.208294
1998	1.357273	1.193167	0.164106	2998	1.497354	1.218680	0.278673	3998	2.388379	1.910665	0.477715	4998	4.604259	3.908807	0.695451	5998	8.429613	7.535822	0.893791	6998	15.731071	14.521327	1.209743
1999	1.356870	1.193275	0.163595	2999	1.497226	1.218878	0.278348	3999	2.388201	1.910479	0.477722	4999	4.604859	3.910717	0.694142	5999	8.432685	7.538657	0.894028	6999	15.742561	14.531411	1.211149
2000	1.356960	1.193640	0.163320	3000	1.496990	1.218789	0.278201	4000	2.388418	1.910498	0.477920	5000	4.606041	3.911426	0.694615	6000	8.433630	7.539769	0.893861	7000	15.754504	14.544191	1.210313
2096	1.357235	1.194042	0.163192	3096	1.500890	1.222492	0.278348	4096	2.409903	1.931235	0.478668	5096	4.686055	3.995308	0.691198	6096	8.669388	7.773962	0.895426	7096	16.919402	15.688663	1.230740
2097	1.357746	1.194004	0.163742	3097	1.500112	1.222295	0.277817	4097	2.409903	1.931599	0.478303	5097	4.687137	3.996017	0.691120	6097	8.671879	7.777034	0.894845	7097	16.932802	15.700261	1.232541
2098	1.357490	1.194004	0.163487	3098	1.501115	1.222423	0.278693	4098	2.411065	1.931452	0.479613	5098	4.687028	3.996470	0.690559	6098	8.674440	7.780470	0.893970	7098	16.945327	15.713002	1.232324
2099	1.357924	1.194348	0.163576	3099	1.500426	1.222442	0.277984	4099	2.410534	1.931255	0.479280	5099	4.688268	3.996834	0.691434	6099	8.676152	7.781830	0.894322	7099	16.958048	15.725527	1.232522
2100	1.357854	1.194093	0.163762	3100	1.500220	1.222167	0.278054	4100	2.411282	1.931983	0.479299	5100	4.689372	3.998271	0.691101	6100	8.679205	7.783031	0.896174				
2196	1.357165	1.194243	0.163742	3196	1.501875	1.233279	0.278596	4196	2.430710	1.951972	0.478737	5196	4.758041	4.069462	0.688579	6196	8.897093	8.001519	0.895573				
2197	1.357618	1.193698	0.163920	3197	1.501441	1.233151	0.278290	4197	2.430818	1.952701	0.478118	5197	4.759990	4.070535	0.689455	6197	8.899398	8.003410	0.895988				
2198	1.357905	1.193206	0.164699	3198	1.501805	1.233624	0.278181	4198	2.430640	1.953084	0.477556	5198	4.759223	4.071972	0.687250	6198	8.901819	8.004866	0.896953				
2199	1.357618	1.193550	0.164068	3199	1.502022	1.233349	0.278673	4199	2.431054	1.952956	0.478098	5199	4.760296	4.072662	0.687634	6199	8.903651	8.007849	0.895802				
2200	1.357273	1.193678	0.163595	3200	1.501747	1.233240	0.278507	4200	2.432440	1.953410	0.478245	5200	4.761241	4.072879	0.688362	6200	8.906309	8.010321	0.895988				
2296	1.358033	1.194221	0.163812	3296	1.504877	1.226932	0.277945	4296	2.448227	1.970129	0.478098	5296	4.822712	4.136771	0.685941	6296	9.110661	8.214503	0.896158				
2297	1.358288	1.194604	0.163684	3297	1.504927	1.226893	0.278034	4297	2.448630	1.970966	0.477664	5297	4.823037	4.138042	0.684996	6297	9.112718	8.216718	0.896000				
2298	1.358780	1.194693	0.164087																				

Anexo 6-32 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 8 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 27-may-15
MUESTRA: # 8 SIN GEOMALLA

DATOS:

L = 303.55 mm
D = 149.69 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.543025	1.369192	0.173834	2596	1.666192	1.367875	0.298318	3596	2.706025	2.199605	0.506420	4596	4.561117	3.832556	0.728561	5596	9.208536	8.215298	0.993238
1597	1.542444	1.368897	0.173547	2597	1.666250	1.367185	0.299065	3597	2.707060	2.200570	0.506490	4597	4.566297	3.837794	0.728503	5597	9.220843	8.227655	0.993188
1598	1.542336	1.368789	0.173547	2598	1.666665	1.367716	0.298949	3598	2.708880	2.202658	0.506222	4598	4.571426	3.843120	0.728306	5598	9.232383	8.237453	0.994931
1599	1.542425	1.369262	0.173163	2599	1.666014	1.367727	0.298287	3599	2.709264	2.203169	0.506095	4599	4.574626	3.846696	0.727930	5599	9.243176	8.248303	0.994873
1600	1.542642	1.369114	0.173528	2600	1.666192	1.367677	0.298515	3600	2.710988	2.204134	0.506854	4600	4.580189	3.850752	0.729437	5600	9.255375	8.258790	0.996585
1696	1.539461	1.364989	0.174473	2696	1.672848	1.373054	0.299794	3696	2.804666	2.295202	0.509465	4696	4.933748	4.198296	0.735453	5696	10.517505	9.433153	1.084352
1697	1.539175	1.365481	0.173694	2697	1.672030	1.373585	0.298445	3697	2.804756	2.295566	0.509190	4697	4.937382	4.201081	0.736301	5697	10.532048	9.446622	1.085425
1698	1.539392	1.365314	0.174078	2698	1.672464	1.373930	0.298535	3698	2.805573	2.295872	0.509701	4698	4.940749	4.204606	0.736142	5698	10.546424	9.460634	1.085789
1699	1.538969	1.365097	0.173872	2699	1.672611	1.374274	0.298337	3699	2.806754	2.296836	0.509918	4699	4.942472	4.207128	0.735344	5699	10.561400	9.473592	1.087808
1700	1.539028	1.364733	0.174295	2700	1.672464	1.373891	0.298573	3700	2.807169	2.297762	0.509407	4700	4.946490	4.211037	0.735453	5700	10.576307	9.487988	1.088319
1796	1.537679	1.363059	0.174620	2796	1.677554	1.377544	0.300011	3796	2.871387	2.360729	0.510658	4796	5.207490	4.467114	0.740377	5796	12.242349	11.071001	1.171349
1797	1.537935	1.363149	0.174787	2797	1.676768	1.377494	0.299275	3797	2.871367	2.361035	0.510333	4797	5.210237	4.471111	0.739125	5797	12.262013	11.090467	1.171546
1798	1.537916	1.363404	0.174512	2798	1.677791	1.377583	0.300208	3798	2.872204	2.361999	0.510205	4798	5.213181	4.473966	0.739214	5798	12.281863	11.110445	1.171418
1799	1.538063	1.363276	0.174787	2799	1.677446	1.377908	0.299538	3799	2.873022	2.363495	0.509527	4799	5.215180	4.476093	0.739087	5799	12.301605	11.129822	1.171782
1800	1.537373	1.363040	0.174333	2800	1.676915	1.377021	0.299894	3800	2.874075	2.362836	0.511239	4800	5.217760	4.479816	0.737944	5800	12.321524	11.149033	1.172491
1896	1.537098	1.362498	0.174601	2896	1.681897	1.382855	0.299038	3896	2.923406	2.413840	0.509566	4896	5.433819	4.696424	0.737195				
1897	1.537373	1.362715	0.174659	2897	1.682261	1.382111	0.300150	3897	2.923495	2.414313	0.509182	4897	5.435601	4.696092	0.739509				
1898	1.537993	1.362606	0.175387	2898	1.682517	1.382820	0.299697	3898	2.924785	2.414626	0.510158	4898	5.438053	4.698099	0.739954				
1899	1.536970	1.362753	0.174217	2899	1.683226	1.382398	0.300828	3899	2.925060	2.415355	0.509705	4899	5.440014	4.699931	0.740082				
1900	1.537137	1.361878	0.175259	2900	1.682498	1.382220	0.300278	3900	2.924843	2.415947	0.508895	4900	5.441796	4.701950	0.739846				
1996	1.537373	1.362734	0.174639	2996	1.685864	1.385834	0.300030	3996	2.967026	2.456740	0.510286	4996	5.629645	4.885960	0.743685				
1997	1.536192	1.361661	0.174531	2997	1.685639	1.385745	0.299894	3997	2.966878	2.456445	0.510433	4997	5.631938	4.887978	0.743960				
1998	1.537916	1.361859	0.176057	2998	1.686259	1.385892	0.300367	3998	2.967154	2.457429	0.509724	4998	5.634096	4.890303	0.743793				
1999	1.537156	1.362172	0.174984	2999	1.686189	1.386307	0.299883	3999	2.968099	2.458847	0.509252	4999	5.636498	4.894634	0.741864				
2000	1.536990	1.361750	0.175240	3000	1.686259	1.386237	0.300022	4000	2.968335	2.458099	0.510236	5000	5.637532	4.893541	0.743991				
2096	1.536409	1.360568	0.175840	3096	1.691113	1.390018	0.301095	4096	3.006284	2.496253	0.510030	5096	5.811025	5.065980	0.745045				
2097	1.535591	1.361336	0.174256	3097	1.690582	1.390126	0.300456	4097	3.006609	2.497613	0.508996	5097	5.812916	5.068905	0.744010				
2098	1.535956	1.361405	0.174550	3098	1.690602	1.389979	0.300623	4098	3.006795	2.498233	0.508562	5098	5.814423	5.069378	0.745045				
2099	1.536517	1.361336	0.175182	3099	1.690129	1.391091	0.299038	4099	3.006865	2.496865	0.509999	5099	5.816077	5.070993	0.745083				
2100	1.536339	1.361425	0.174914	3100	1.690857	1.390343	0.300514	4100	3.007396	2.498853	0.508543	5100	5.817584	5.073248	0.744336				
2196	1.536281	1.360824	0.175457	3196	1.693654	1.392668	0.300987	4196	3.040816	2.531494	0.509322	5196	5.978355	5.231470	0.746885				
2197	1.537168	1.360824	0.176344	3197	1.694019	1.393287	0.300731	4197	3.041730	2.531967	0.509763	5197	5.979497	5.232504	0.746993				
2198	1.536684	1.361405	0.175279	3198	1.693693	1.392087	0.301607	4198	3.042036	2.532223	0.509814	5198	5.982244	5.234829	0.747416				
2199	1.537521	1.360774	0.176747	3199	1.693565	1.393001	0.300565	4199	3.041474	2.531948	0.509527	5199	5.983604	5.236719	0.746885				
2200	1.536881	1.361642	0.175240	3200	1.693980	1.392706	0.301273	4200	3.042075	2.532823	0.509252	5200	5.984677	5.237990	0.746687				
2296	1.536192	1.359131	0.177061	3296	1.697021	1.394597	0.302424	4296	3.072551	2.562303	0.510247	5296	6.137936	5.388011	0.749926				
2297	1.536172	1.359062	0.177111	3297	1.696490	1.393996	0.302494	4297	3.073043	2.562885	0.510158	5297	6.139660	5.390118	0.749542				
2298	1.536664	1.359534	0.177130	3298	1.697257	1.393632	0.303625	4298	3.072570	2.562520	0.510050	5298	6.141462	5.390738	0.750724				
2299	1.536664	1.359151	0.177514	3299	1.696382	1.393121	0.303261	4299	3.074627	2.562974	0.511654	5299	6.142771	5.393407	0.749364				
2300	1.535739	1.358825	0.176913	3300	1.696196	1.394558	0.301638	4300	3.073849	2.563101	0.510747	5300	6.144878	5.394538	0.750340				
2396	1.535700	1.359023	0.176677	3396	1.700616	1.399796	0.300820	4396	3.102434	2.591617	0.510817	5396	6.294938	5.541398	0.753540				
2397	1.535956	1.358897	0.177258	3397	1.700763	1.399195	0.301568	4397	3.102562	2.591931	0.510631	5397	6.296522	5.542599	0.753924				
2398	1.536103	1.358845	0.177258	3398	1.700469	1.398014	0.302455	4398	3.102818	2.592001	0.510817	5398	6.298246	5.545454	0.752792				
2399	1.535936	1.358608	0.177328	3399	1.700655	1.398614	0.302040	4399	3.103418	2.591784	0.511634	5399	6.299683	5.546597	0.753087				
2400	1.536025	1.358953	0.177072	3400	1.700910	1.399087	0.301824	4400	3.103054	2.591765	0.511289	5400	6.301682	5.547670	0.754013				
2496	1.536211	1.357605	0.178606	3496	1.703944	1.399699	0.304245	4496	3.130605	2.619444	0.511162	5496	6.450549	5.694192	0.756356				
2497	1.536920	1.358353	0.178567	3497	1.703541	1.400230	0.303311	4497	3.130516	2.620280	0.510236	5497	6.452075	5.696408	0.755667				
2498	1.535886	1.358283	0.177603	3498	1.704230	1.401500	0.302730	4498	3.130733	2.620517	0.510216	5498	6.453601	5.697423	0.756178				
2499	1.537265	1.357752	0.179513	3499	1.703707	1.400319	0.303389	4499	3.130516	2.620497	0.510019	5499	6.455767	5.698791	0.756976				
2500	1.535936	1.358097	0.177839	3500	1.703924	1.401411	0.302513	4500	3.132023	2.621954	0.510069	5500	6.457293	5.701371	0.755923				

Anexo 6-33 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 9 Sin Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA (NCHRP - 598)

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 28-may-15
MUESTRA: # 9 SIN GEOMALLA

DATOS:
L = 303.28 mm
D = 149.20 mm

Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico				Esfuerzo Cíclico							
68.9 KPa				137.9 KPa				275.8 KPa				413.7 KPa				551.6 KPa				689.5 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.841709	1.680725	0.160984	2596	1.959936	1.682584	0.277352	3596	2.958577	2.476257	0.482320	4596	4.647451	3.969286	0.678165	5596	8.119228	7.264591	0.854637	6596	15.036797	13.925718	1.111078
1597	1.842367	1.680597	0.161770	2597	1.959886	1.682821	0.277065	3597	2.958864	2.477005	0.481859	4597	4.650415	3.971285	0.679130	5597	8.123698	7.269170	0.854529	6597	15.047194	13.935860	1.111334
1598	1.841441	1.680744	0.160697	2598	1.959572	1.682546	0.277027	3598	2.959464	2.477477	0.481987	4598	4.652413	3.974229	0.678185	5598	8.128878	7.273462	0.855416	6598	15.056952	13.944418	1.112535
1599	1.841786	1.680252	0.161534	2599	1.959867	1.682476	0.277391	3599	2.960026	2.478550	0.481476	4599	4.655141	3.976828	0.678313	5599	8.132678	7.277971	0.854707	6599	15.068129	13.954579	1.113550
1600	1.841511	1.680961	0.160550	2600	1.959592	1.682584	0.277007	3600	2.962102	2.479860	0.482243	4600	4.657957	3.979191	0.678766	5600	8.137730	7.281930	0.855799	6600	15.078929	13.965302	1.113627
1696	1.837168	1.675379	0.161790	2696	1.895263	1.675698	0.219565	3696	3.011530	2.528713	0.482816	4696	4.850711	4.163477	0.687234	5696	8.528390	7.656831	0.871558	6696	16.216338	15.051824	1.164515
1697	1.837494	1.674964	0.162530	2697	1.964899	1.689162	0.275737	3697	3.011402	2.528803	0.482599	4697	4.852326	4.165456	0.686870	5697	8.531934	7.660573	0.871361	6697	16.230141	15.064406	1.165735
1698	1.837296	1.674670	0.162626	2698	1.965027	1.689565	0.275462	3698	3.011855	2.529434	0.482421	4698	4.854325	4.167544	0.686781	5698	8.536188	7.663901	0.872287	6698	16.243080	15.077109	1.165971
1699	1.836893	1.674759	0.162134	2699	1.965519	1.689929	0.275589	3699	3.012622	2.529236	0.483386	4699	4.855801	4.171453	0.684348	5699	8.539240	7.668027	0.871214	6699	16.257220	15.090323	1.166897
1700	1.837494	1.675053	0.162440	2700	1.964899	1.690146	0.274753	3700	3.013439	2.530220	0.483219	4700	4.857289	4.171798	0.685491	5700	8.543661	7.671610	0.872050	6700	16.270837	15.104303	1.166533
1796	1.836676	1.674197	0.162479	2796	1.968552	1.692471	0.276081	3796	3.045233	2.563304	0.481929	4796	4.987766	4.306222	0.681543	5796	8.868030	7.992339	0.875692	6796	17.615523	16.406369	1.209154
1797	1.836676	1.674523	0.162154	2797	1.968157	1.692490	0.275667	3797	3.045430	2.563521	0.481910	4797	4.987165	4.302531	0.684635	5797	8.870502	7.995213	0.875289	6797	17.631394	16.422655	1.208739
1798	1.836913	1.674306	0.162607	2798	1.968424	1.692362	0.276062	3798	3.046089	2.564229	0.481859	4798	4.988347	4.303910	0.684437	5798	8.873249	7.997735	0.875514	6798	17.646607	16.438891	1.207717
1799	1.836460	1.674453	0.162007	2799	1.968354	1.692618	0.275737	3799	3.046433	2.564504	0.481929	4799	4.989056	4.305002	0.684054	5799	8.877010	8.000443	0.876567	6799	17.661034	16.452263	1.208770
1800	1.837130	1.674542	0.162588	2800	1.969044	1.692687	0.276356	3800	3.047704	2.564760	0.482944	4800	4.990474	4.305947	0.684526	5800	8.879501	8.003918	0.875583	6800	17.676360	16.465880	1.210750
1896	1.837002	1.674518	0.161584	2896	1.970392	1.694508	0.275884	3896	3.073594	2.591060	0.482855	4896	5.093028	4.413836	0.679192	5896	9.156195	8.276311	0.879883	6896	19.348816	18.079203	1.269614
1897	1.837347	1.675635	0.161712	2897	1.970373	1.694458	0.275915	3897	3.073954	2.591060	0.482894	4897	5.094701	4.414692	0.680009	5897	9.159484	8.279511	0.879973	6897	19.367465	18.089146	1.269319
1898	1.837258	1.675526	0.161732	2898	1.970392	1.694458	0.275934	3898	3.074446	2.591316	0.483130	4898	5.095538	4.415598	0.679940	5898	9.161579	8.282424	0.879155	6898	19.387187	18.116884	1.270303
1899	1.837021	1.675053	0.161968	2899	1.970915	1.694291	0.276624	3899	3.074938	2.591355	0.483583	4899	5.097281	4.417035	0.680246	5899	9.164032	8.284977	0.879054	6899	19.406545	18.134696	1.271849
1900	1.837079	1.675635	0.161445	2900	1.970737	1.694222	0.276515	3900	3.074790	2.592389	0.482402	4900	5.098718	4.418887	0.679831	5900	9.166739	8.287863	0.879831	6900	19.426120	18.154380	1.271741
1996	1.836390	1.675034	0.161356	2996	1.972263	1.695236	0.277027	3996	3.097445	2.615969	0.481476	4996	5.184986	4.507387	0.677600	5996	9.420771	8.536122	0.884648				
1997	1.836696	1.675201	0.161495	2997	1.972135	1.695167	0.276969	3997	3.097860	2.615656	0.482204	4997	5.185478	4.508223	0.677255	5997	9.423440	8.538799	0.884641				
1998	1.836460	1.675270	0.161189	2998	1.972341	1.695256	0.277085	3998	3.098441	2.616039	0.482402	4998	5.186699	4.509366	0.677333	5998	9.425861	8.541557	0.884304				
1999	1.836510	1.674926	0.161584	2999	1.972046	1.695147	0.276899	3999	3.097879	2.615911	0.481968	4999	5.187210	4.510408	0.676802	5999	9.428825	8.543684	0.885140				
2000	1.836223	1.674945	0.161278	3000	1.971899	1.695473	0.276426	4000	3.098696	2.615745	0.482952	5000	5.187586	4.510842	0.676744	6000	9.430932	8.546559	0.884373				
2096	1.837475	1.676835	0.160639	3096	1.974773	1.698161	0.276612	4096	3.117582	2.635761	0.481821	5096	5.261523	4.587398	0.674125	6096	9.662859	8.772155	0.890703				
2097	1.837405	1.676452	0.160953	3097	1.974498	1.697925	0.276573	4097	3.117984	2.636145	0.481840	5097	5.261759	4.587948	0.673811	6097	9.664966	8.773918	0.891048				
2098	1.837424	1.676855	0.160569	3098	1.974735	1.697944	0.276790	4098	3.118201	2.635889	0.482312	5098	5.262263	4.588471	0.673792	6098	9.668658	8.781027	0.887631				
2099	1.837258	1.676816	0.160442	3099	1.975265	1.698270	0.276996	4099	3.117709	2.635978	0.481731	5099	5.263228	4.589525	0.673703	6099	9.670421	8.780101	0.890320				
2100	1.837494	1.676471	0.161023	3100	1.975265	1.698378	0.276887	4100	3.118418	2.636106	0.482312	5100	5.263611	4.590075	0.673536	6100	9.673512	8.782662	0.890850				
2196	1.837967	1.676963	0.161003	3196	1.977845	1.701105	0.276740	4196	3.136052	2.655975	0.480077	5196	5.327585	4.657849	0.669736	6196	9.890257	8.999701	0.890556				
2197	1.838075	1.677052	0.161023	3197	1.977245	1.701105	0.276139	4197	3.137087	2.656064	0.481022	5197	5.327438	4.658628	0.668810	6197	9.892256	9.001936	0.890320				
2198	1.837622	1.677219	0.160403	3198	1.977404	1.701450	0.275954	4198	3.136812	2.656084	0.480728	5198	5.328236	4.658736	0.669500	6198	9.894096	9.003679	0.890417				
2199	1.838044	1.677289	0.160755	3199	1.977826	1.701105	0.276721	4199	3.136397	2.655956	0.480441	5199	5.328600	4.659031	0.669569	6199	9.896203	9.006023	0.890180				
2200	1.837916	1.677358	0.160558	3200	1.977423	1.701539	0.275884	4200	3.136723	2.656103	0.480620	5200	5.330165	4.659898	0.670267	6200	9.898694	9.008425	0.890269				
2296	1.838439	1.677909	0.160531	3296	1.979008	1.702485	0.276523	4296	3.150281	2.667841	0.482440	5296	5.383524	4.715659	0.667865	6296	10.106440	9.213699	0.892741				
2297	1.837730	1.678195	0.159535	3297	1.979116	1.702248	0.276868	4297	3.150754	2.668038	0.482715	5297	5.384272	4.716279	0.667993	6297	10.108912	9.215845	0.893066				
2298	1.838222	1.677800	0.160422	3298	1.978791	1.702268	0.276523	4298	3.151157	2.668441	0.482715	5298	5.385236	4.716752	0.668485	6298	10.110891	9.217864	0.893028				
2299	1.838203	1.677653	0.160550	3299																			

Anexo 6-34 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 1 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Miranda - Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 29-abr-15
MUESTRA: # 1 CON GEOMALLA

L = 302.30 D = 149.52		mm mm																									
Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa							
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)				
1596	1.546403	1.396485	0.149919	2596	1.654527	1.399479	0.255048	3596	2.520426	2.075154	0.445272	4596	3.641604	3.031445	0.610159	5596	5.121086	4.352947	0.768138	6596	7.32786460	6.412336	0.915529				
1597	1.546864	1.396830	0.150034	2597	1.655218	1.399824	0.255394	3597	2.520772	2.075384	0.445388	4597	3.643331	3.033402	0.609929	5597	5.124426	4.354905	0.769521	6597	7.33051293	6.414639	0.915874				
1598	1.546058	1.397175	0.148883	2598	1.654757	1.399709	0.255048	3598	2.520657	2.075960	0.444697	4598	3.645174	3.034554	0.610620	5598	5.126383	4.357208	0.769175	6598	7.33408206	6.418209	0.915874				
1599	1.545828	1.397292	0.148536	2599	1.655332	1.399825	0.255508	3599	2.521347	2.076421	0.444926	4599	3.646671	3.036166	0.610505	5599	5.128801	4.358935	0.769866	6599	7.33661557	6.420166	0.916449				
1600	1.546403	1.396485	0.149918	2600	1.654757	1.399939	0.254818	3600	2.522614	2.076882	0.445732	4600	3.649434	3.040426	0.609008	5600	5.131910	4.361583	0.770326	6600	7.33937899	6.422470	0.916909				
1696	1.544331	1.394758	0.149573	2696	1.659593	1.404084	0.255508	3696	2.554165	2.109929	0.444236	4696	3.766078	3.144750	0.621328	5696	5.336640	4.544552	0.792089	6696	7.62644097	6.670151	0.956290				
1697	1.544792	1.394988	0.149803	2697	1.659017	1.404200	0.254817	3697	2.554164	2.110965	0.443200	4697	3.767575	3.145901	0.621674	5697	5.338022	4.546394	0.791628	6697	7.62851350	6.671993	0.956520				
1698	1.543755	1.394527	0.149228	2698	1.658442	1.404085	0.254357	3698	2.555777	2.113498	0.442279	4698	3.768611	3.146361	0.622250	5698	5.340325	4.548006	0.792320	6698	7.63139239	6.674412	0.956980				
1699	1.544100	1.395448	0.148652	2699	1.659478	1.403624	0.255854	3699	2.555777	2.111771	0.444006	4699	3.769187	3.147513	0.621674	5699	5.342628	4.550309	0.792319	6699	7.63358039	6.677060	0.956520				
1700	1.543180	1.395218	0.147962	2700	1.658787	1.403625	0.255162	3700	2.555316	2.112577	0.442739	4700	3.770569	3.148434	0.622134	5700	5.343895	4.551115	0.792780	6700	7.63807135	6.680630	0.957442				
1796	1.542373	1.393492	0.148882	2796	1.662241	1.405582	0.256660	3796	2.579036	2.134685	0.444351	4796	3.848408	3.222589	0.625819	5796	5.495774	4.694588	0.801186	6796	7.89174034	6.915761	0.975980				
1797	1.542834	1.393951	0.148883	2797	1.662472	1.406158	0.256315	3797	2.578576	2.134916	0.443660	4797	3.848984	3.223165	0.625819	5797	5.496465	4.696315	0.800149	6797	7.89358257	6.918524	0.975059				
1798	1.542028	1.393836	0.148192	2798	1.661551	1.405812	0.255739	3798	2.579267	2.135031	0.444236	4798	3.849214	3.223280	0.625934	5798	5.499113	4.701382	0.797731	6798	7.89669124	6.920136	0.976555				
1799	1.542834	1.393721	0.149113	2799	1.661666	1.406387	0.255278	3799	2.579037	2.134340	0.444697	4799	3.850365	3.224662	0.626079	5799	5.499113	4.701382	0.797731	6799	7.89818810	6.921863	0.976325				
1800	1.542488	1.393491	0.148998	2800	1.662702	1.406388	0.256315	3800	2.579382	2.134570	0.444812	4800	3.850941	3.224662	0.626280	5800	5.500725	4.700115	0.800610	6800	7.90082656	6.924742	0.976095				
1896	1.542143	1.392916	0.149227	2896	1.666041	1.410188	0.255854	3896	2.598151	2.152649	0.445503	4896	3.911278	3.284193	0.627085	5896	5.620824	4.819639	0.801185	6896	8.12053727	7.132122	0.988415				
1897	1.541567	1.393145	0.148422	2897	1.665351	1.410418	0.254933	3897	2.598266	2.152994	0.445273	4897	3.912084	3.284769	0.627316	5897	5.620824	4.818414	0.802683	6897	8.12191956	7.135001	0.986919				
1898	1.542258	1.393031	0.149228	2898	1.665005	1.410187	0.254818	3898	2.598612	2.153339	0.445272	4898	3.912660	3.285114	0.627546	5898	5.622205	4.818832	0.803373	6898	8.12422213	7.137189	0.987033				
1899	1.542719	1.392685	0.150033	2899	1.665581	1.409727	0.255854	3899	2.598727	2.153455	0.445272	4899	3.912775	3.285290	0.626855	5899	5.624048	4.820329	0.803719	6899	8.12687099	7.139261	0.987610				
1900	1.542373	1.392801	0.149573	2900	1.665696	1.409612	0.256084	3900	2.598152	2.153685	0.444467	4900	3.913006	3.286381	0.626625	5900	5.624739	4.821250	0.803489	6900	8.12871309	7.141795	0.986919				
1996	1.541798	1.392339	0.149458	2996	1.667308	1.410533	0.256775	3996	2.618647	2.171532	0.447115	4996	3.963786	3.336816	0.626970	5996	5.723305	4.918550	0.804755	6996	8.32100875	7.326145	0.994864				
1997	1.541683	1.392685	0.148998	2997	1.667078	1.411569	0.255508	3997	2.617841	2.171763	0.446078	4997	3.964016	3.336815	0.627201	5997	5.723651	4.918895	0.804756	6997	8.32216036	7.327642	0.994519				
1998	1.541567	1.392685	0.148882	2998	1.667423	1.411339	0.256084	3998	2.618532	2.172108	0.446424	4998	3.964246	3.337391	0.626856	5998	5.725263	4.920162	0.805100	6998	8.32619034	7.333975	0.992216				
1999	1.542949	1.392340	0.150609	2999	1.667308	1.410648	0.256660	3999	2.618532	2.171763	0.446770	4999	3.964822	3.337967	0.626855	5999	5.725608	4.921428	0.804179	6999	8.32711165	7.331903	0.995209				
2000	1.542143	1.391994	0.150149	3000	1.666848	1.410763	0.256084	4000	2.618417	2.172223	0.446194	5000	3.965513	3.338312	0.627201	6000	5.726299	4.922810	0.803489	7000	8.32860864	7.334091	0.994518				
2096	1.541798	1.393145	0.148653	3096	1.670648	1.414103	0.256545	4096	2.632580	2.183969	0.448612	5096	4.006851	3.379995	0.626856	6096	5.810356	5.004795	0.805561	7096	8.50374786	7.507963	0.995785				
2097	1.541107	1.392801	0.148306	3097	1.669957	1.414449	0.255508	4097	2.632811	2.183623	0.449187	5097	4.006736	3.380111	0.626625	6097	5.810932	5.006752	0.804180	7097	8.50489934	7.510492	0.994403				
2098	1.541452	1.392685	0.148767	3098	1.669842	1.414103	0.255739	4098	2.633272	2.186847	0.446424	5098	4.008003	3.380571	0.627431	6098	5.811968	5.007443	0.804525	7098	8.50685640	7.511302	0.995554				
2099	1.541913	1.393146	0.148767	3099	1.670417	1.414102	0.256315	4099	2.632465	2.187308	0.445157	5099	4.007772	3.381147	0.626625	6099	5.812429	5.007673	0.804756	7099	8.50835365	7.513605	0.994748				
2100	1.542604	1.392685	0.149919	3100	1.669841	1.414102	0.255739	4100	2.633156	2.186962	0.446194	5100	4.007888	3.381723	0.626165	6100	5.812774	5.008595	0.804179	7100	8.50996584	7.514411	0.995555				
2196	1.542489	1.393261	0.149228	3196	1.671684	1.414606	0.255278	4196	2.645016	2.199283	0.445733	5196	4.045504	3.418225	0.626280	6196	5.887851	5.083901	0.803950	7196	8.66668155	7.669630	0.997052				
2197	1.542949	1.393721	0.149228	3197	1.672605	1.414636	0.255969	4197	2.644901	2.198823	0.446079	5197	4.044850	3.418570	0.626280	6197	5.888061	5.084361	0.803720	7197	8.66863887	7.671703	0.996936				
2198	1.542143	1.393491	0.148652	3198	1.672375	1.415830	0.256545	4198	2.644901	2.198823	0.446079	5198	4.045080	3.418570	0.626510	6198	5.889232	5.085168	0.804065	7198	8.67002090	7.672278	0.997742				
2199	1.543179	1.393492	0.149687	3199	1.672260	1.416405	0.255854	4199	2.645592	2.197787	0.447805	5199	4.044965	3.418455	0.626509	6199	5.889923	5.085513	0.804410	7199	8.67151789	7.673545	0.997973				
2200	1.542834	1.393721	0.149113	3200	1.672029	1.416636	0.255394	4200	2.645247	2.198823	0.446424	5200	4.045886	3.418455	0.627431	6200	5.891190	5.086780	0.804410	7200	8.67312970	7.675733	0.997397				
2296	1.																										

Anexo 6-35 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 2 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 14-may-15
MUESTRA: # 2 CON GEOMALLA

DATOS:

L = 302.5 mm
D = 149.15 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa				Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa				Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa											
# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)	# Cíclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max-Min (mm)
1596	1.103162	1.028208	0.074954	2596	1.160544	1.035150	0.125394	3596	2.438575	2.002951	0.435624	4596	3.741795	3.050623	0.651168	5596	6.048706	5.235647	0.813059	6596	8.686666	7.691341	0.995325	7597	11.559551	10.499641	1.059910	8597	13.301485	12.225912	1.075573
1597	1.102837	1.027991	0.074846	2597	1.160761	1.035150	0.125611	3597	2.439611	2.003157	0.436454	4597	3.743638	3.052240	0.651398	5597	6.051469	5.238295	0.813174	6597	8.692139	7.695571	0.996562	7598	11.561393	10.501829	1.059564	8598	13.302982	12.227754	1.075227
1598	1.103054	1.027991	0.075063	2598	1.160870	1.035367	0.125502	3598	2.460417	2.004193	0.456224	4598	3.746285	3.094427	0.651858	5598	6.054002	5.241059	0.812943	6598	8.696568	7.700322	0.996246	7599	11.563826	10.504016	1.059910	8599	13.304709	12.229597	1.075112
1599	1.103054	1.027883	0.075171	2599	1.160870	1.035367	0.125502	3599	2.461453	2.005345	0.456109	4599	3.748474	3.096155	0.652193	5599	6.056766	5.242556	0.814210	6599	8.700599	7.704007	0.996592	7600	11.565769	10.506809	1.059980	8600	13.306666	12.231324	1.075343
1600	1.102837	1.027991	0.074846	2600	1.161087	1.035367	0.125719	3600	2.462260	2.005660	0.456570	4600	3.750661	3.098863	0.651859	5600	6.059990	5.246010	0.813979	6600	8.703938	7.707161	0.996476	7606	11.575075	10.694237	1.062957	8606	13.447261	12.371919	1.075342
1606	1.102403	1.027557	0.074846	2606	1.164538	1.038513	0.126045	3606	2.527546	2.066487	0.461059	4606	3.932589	3.272556	0.660033	5606	6.325969	5.497138	0.828831	6606	9.113281	8.087214	1.026067	7607	11.758753	10.696310	1.062443	8607	13.447952	12.373279	1.075573
1607	1.101644	1.027340	0.074304	2607	1.164449	1.038730	0.125719	3607	2.527892	2.067294	0.460598	4607	3.933740	3.274283	0.659458	5607	6.328963	5.499525	0.829637	6607	9.116390	8.090808	1.025491	7608	11.761055	10.697577	1.063479	8608	13.449579	12.374567	1.075573
1608	1.101969	1.027340	0.074629	2608	1.164449	1.038621	0.125828	3608	2.528353	2.067639	0.460714	4608	3.936388	3.275664	0.660724	5608	6.330805	5.502204	0.828602	6608	9.120765	8.094929	1.025837	7609	11.762552	10.699534	1.063019	8609	13.451291	12.375373	1.075918
1609	1.102295	1.027449	0.074846	2609	1.164883	1.038838	0.126045	3609	2.528814	2.068215	0.460599	4609	3.938001	3.277729	0.660724	5609	6.333338	5.504507	0.828832	6609	9.124450	8.098613	1.025837	7700	11.764740	10.700916	1.063824	8700	13.453018	12.377331	1.075688
1700	1.102369	1.027449	0.074520	2700	1.164705	1.038730	0.126045	3700	2.529735	2.068330	0.461405	4700	3.939037	3.279119	0.659918	5700	6.335641	5.506234	0.829407	6700	9.128825	8.103244	1.026182	7796	11.951161	10.885265	1.065896	8796	13.594954	12.518156	1.076838
1706	1.102369	1.027883	0.074304	2796	1.167053	1.041550	0.125502	3796	2.575677	2.111466	0.462111	4796	4.070875	3.411413	0.659456	5796	6.548556	5.712916	0.831939	6796	9.491535	8.454991	1.036545	7797	11.952773	10.886532	1.066242	8797	13.596376	12.519653	1.076723
1797	1.102078	1.027774	0.074304	2797	1.167210	1.041442	0.125828	3797	2.576022	2.114157	0.461865	4797	4.071566	3.411534	0.660032	5797	6.546237	5.714644	0.831593	6797	9.495335	8.458906	1.036430	7798	11.954270	10.888950	1.065211	8798	13.598134	12.521840	1.076493
1798	1.102078	1.027774	0.074412	2798	1.167161	1.041550	0.125611	3798	2.576944	2.114618	0.462325	4798	4.072802	3.412109	0.660493	5798	6.548555	5.717177	0.831478	6798	9.499135	8.461554	1.037581	7799	11.956918	10.891598	1.065210	8799	13.599946	12.523683	1.076263
1799	1.102369	1.027774	0.074412	2799	1.167386	1.041876	0.125502	3799	2.576944	2.114848	0.462095	4799	4.073429	3.414067	0.660263	5799	6.550843	5.719134	0.831709	6799	9.502705	8.465469	1.037325	7800	11.959106	10.892684	1.066242	8800	13.601443	12.524374	1.077069
1800	1.101861	1.027666	0.074195	2800	1.167496	1.041659	0.125828	3800	2.577059	2.115079	0.461865	4800	4.075826	3.415533	0.660492	5800	6.552570	5.720977	0.831593	6800	9.506191	8.468808	1.037811	7896	12.137448	10.706550	1.066818	8896	13.741231	12.662550	1.076881
1896	1.101644	1.027340	0.074303	2896	1.169330	1.043937	0.125394	3896	2.614135	2.115392	0.460943	4896	4.173467	3.513551	0.659916	5896	6.762090	5.895158	0.839002	6896	9.815611	8.788800	1.042761	7897	12.138850	10.727277	1.066473	8897	13.744728	12.664162	1.078566
1897	1.101861	1.027322	0.074492	2897	1.169547	1.044045	0.125502	3897	2.614710	2.115307	0.461404	4897	4.174629	3.514992	0.659916	5897	6.727587	5.897606	0.829981	6897	9.834400	8.791448	1.042692	7898	12.140577	10.707495	1.065782	8898	13.744225	12.666349	1.078796
1898	1.102369	1.027557	0.074629	2898	1.169330	1.044045	0.125235	3898	2.614941	2.115767	0.461174	4898	4.175700	3.516803	0.659866	5898	6.729314	5.899334	0.829980	6898	9.837894	8.795017	1.042877	7899	12.143225	10.707517	1.065799	8899	13.745376	12.668810	1.078566
1899	1.102369	1.027449	0.074737	2899	1.169439	1.044045	0.125394	3899	2.615171	2.115458	0.461209	4899	4.176000	3.516890	0.659910	5899	6.730946	5.900946	0.829750	6899	9.840888	8.798241	1.042647	7900	12.144632	10.706892	1.065794	8900	13.747124	12.670892	1.078912
1900	1.101969	1.027340	0.074629	2900	1.169547	1.044045	0.125502	3900	2.615517	2.115804	0.461073	4900	4.177612	3.517581	0.660019	5900	6.732653	5.902872	0.829981	6900	9.843651	8.801120	1.042532	7996	12.317903	11.249472	1.068440	8996	13.888850	12.807185	1.080985
1906	1.102369	1.027883	0.074303	2906	1.171066	1.045781	0.125385	3906	2.644533	2.118590	0.460943	4906	4.266370	3.518590	0.659819	5906	6.879230	6.050401	0.828825	6906	10.133232	9.087028	1.045294	7997	12.311126	11.251199	1.069927	8997	13.890577	12.808326	1.082521
1907	1.102369	1.027883	0.074303	2907	1.171233	1.045998	0.125235	3907	2.644878	2.118935	0.460943	4907	4.266830	3.599218	0.657612	5907	6.880151	6.051898	0.828253	6907	10.135316	9.089792	1.045324	7998	12.323660	11.252372	1.070388	8998	13.891613	12.809477	1.082136
1908	1.102078	1.027774	0.074520	2908	1.171233	1.045889	0.125394	3908	2.645339	2.118416	0.461173	4908	4.268327	3.599793	0.658533	5908	6.882224	6.053395	0.828825	6908	10.138194	9.093130	1.045064	7999	12.325157	11.254423	1.070733	8999	13.893866	12.811550	1.082136
1909	1.102295	1.027774	0.074520	2909	1.170958	1.045998	0.124960	3909	2.646145	2.118421	0.461864	4909	4.268673	3.600830	0.657943	5909	6.883145	6.055007	0.829138	6909	10.140632	9.095779	1.044833	8000	12.326423	11.256381	1.070042	9000	13.895068	12.813737	1.081330
2000	1.102369	1.027991	0.074195	3000	1.171391	1.045889	0.125502	4000	2.646375	2.118471	0.461634	5000	4.293963	3.601060	0.658033	6000	6.885353	6.056159	0.829174	7000	10.143836	9.097862	1.045984	8096	12.325157	11.242343	1.069928	9096	14.029444	12.948380	1.080644
2096	1.102369	1.027774	0.074412	3096	1.173127	1.047625	0.125502	4096	2.671822	2.210534	0.461288	5096	4.325235	3.670722	0.654503	6096	7.011876	6.185351	0.826525	7096	10.410169	9.361422	1.048747	8097	12.495228	11.424264	1.070964	9097	14.039541	12.950071	1.080870
2097	1.102078	1.027666	0.074412	3097	1.173127	1.047516	0.125394	4097	2.671707	2.210879	0.460828	5097	4.325866	3.671077	0.654618	6097	7.013372	6.186732	0.826640	7097	10.412932	9.364876	1.048056	8098	12.496495	11.426106	1.070388	9098	14.032323	12.951514	1.0

Anexo 6-36 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 3 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Químico
NORMA: NCHP-598

CANTERA: Papallacta
FECHA: 15-may-15
MUESTRA: #3 CON GEOMALLA

DATON:
L = 304.11 mm

Islam City MSB City			Islam City 22.5 City			Islam City 22.5 City			Islam City 42.5 City			Islam City 52.5 City			Islam City 52.5 City			Islam City MSB City			Islam City MSB City		
F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)	F40s	Defective Rate (%)	Defective Rate (%)
126	1.26776	1.26976	0.7023	1.268	1.2695	1.2749	1.2657	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
127	1.26781	1.26976	0.7028	1.268	1.2695	1.2749	1.2658	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
128	1.26786	1.26976	0.7033	1.268	1.2695	1.2749	1.2659	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
129	1.26791	1.26976	0.7038	1.268	1.2695	1.2749	1.2660	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
130	1.26796	1.26976	0.7043	1.268	1.2695	1.2749	1.2661	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
131	1.26801	1.26976	0.7048	1.268	1.2695	1.2749	1.2662	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
132	1.26806	1.26976	0.7053	1.268	1.2695	1.2749	1.2663	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
133	1.26811	1.26976	0.7058	1.268	1.2695	1.2749	1.2664	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
134	1.26816	1.26976	0.7063	1.268	1.2695	1.2749	1.2665	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
135	1.26821	1.26976	0.7068	1.268	1.2695	1.2749	1.2666	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
136	1.26826	1.26976	0.7073	1.268	1.2695	1.2749	1.2667	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
137	1.26831	1.26976	0.7078	1.268	1.2695	1.2749	1.2668	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
138	1.26836	1.26976	0.7083	1.268	1.2695	1.2749	1.2669	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
139	1.26841	1.26976	0.7088	1.268	1.2695	1.2749	1.2670	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
140	1.26846	1.26976	0.7093	1.268	1.2695	1.2749	1.2671	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
141	1.26851	1.26976	0.7098	1.268	1.2695	1.2749	1.2672	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
142	1.26856	1.26976	0.7103	1.268	1.2695	1.2749	1.2673	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
143	1.26861	1.26976	0.7108	1.268	1.2695	1.2749	1.2674	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
144	1.26866	1.26976	0.7113	1.268	1.2695	1.2749	1.2675	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
145	1.26871	1.26976	0.7118	1.268	1.2695	1.2749	1.2676	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
146	1.26876	1.26976	0.7123	1.268	1.2695	1.2749	1.2677	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
147	1.26881	1.26976	0.7128	1.268	1.2695	1.2749	1.2678	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
148	1.26886	1.26976	0.7133	1.268	1.2695	1.2749	1.2679	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
149	1.26891	1.26976	0.7138	1.268	1.2695	1.2749	1.2680	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
150	1.26896	1.26976	0.7143	1.268	1.2695	1.2749	1.2681	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
151	1.26901	1.26976	0.7148	1.268	1.2695	1.2749	1.2682	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
152	1.26906	1.26976	0.7153	1.268	1.2695	1.2749	1.2683	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
153	1.26911	1.26976	0.7158	1.268	1.2695	1.2749	1.2684	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
154	1.26916	1.26976	0.7163	1.268	1.2695	1.2749	1.2685	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
155	1.26921	1.26976	0.7168	1.268	1.2695	1.2749	1.2686	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
156	1.26926	1.26976	0.7173	1.268	1.2695	1.2749	1.2687	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
157	1.26931	1.26976	0.7178	1.268	1.2695	1.2749	1.2688	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
158	1.26936	1.26976	0.7183	1.268	1.2695	1.2749	1.2689	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
159	1.26941	1.26976	0.7188	1.268	1.2695	1.2749	1.2690	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
160	1.26946	1.26976	0.7193	1.268	1.2695	1.2749	1.2691	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
161	1.26951	1.26976	0.7198	1.268	1.2695	1.2749	1.2692	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
162	1.26956	1.26976	0.7203	1.268	1.2695	1.2749	1.2693	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
163	1.26961	1.26976	0.7208	1.268	1.2695	1.2749	1.2694	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
164	1.26966	1.26976	0.7213	1.268	1.2695	1.2749	1.2695	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
165	1.26971	1.26976	0.7218	1.268	1.2695	1.2749	1.2696	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
166	1.26976	1.26976	0.7223	1.268	1.2695	1.2749	1.2697	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
167	1.26981	1.26976	0.7228	1.268	1.2695	1.2749	1.2698	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
168	1.26986	1.26976	0.7233	1.268	1.2695	1.2749	1.2699	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
169	1.26991	1.26976	0.7238	1.268	1.2695	1.2749	1.2700	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
170	1.26996	1.26976	0.7243	1.268	1.2695	1.2749	1.2701	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683
171	1.26999	1.26976	0.7248	1.268	1.2695	1.2749	1.2702	1.269	1.2762	1.2658	1.2688	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683	1.269	1.2672	1.2683

Anexo 6-37 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 4 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Químico
NORMA: NCHRP - 598

CANTERA: Papallacta
FECHA: 21-may-15
MUESTRA: #4 CON GEOMALLA

DATON:

L =	304.23	mm
D =	149.86	mm

[illegible]

Anexo 6-38 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 5 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 22-may-15
MUESTRA: # 5 CON GEOMALLA

DATOS:

L = 303.23 mm
D = 149.43 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa				Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	2.684375	2.340667	0.343708	2596	2.963424	2.506381	0.457043	3596	4.522325	3.782177	0.740148	4596	14.563871	13.025870	1.538001
1597	2.684611	2.341101	0.343511	2597	2.964644	2.506637	0.458008	3597	4.526048	3.786067	0.739981	4597	14.655353	13.110410	1.544944
1598	2.684650	2.340558	0.344092	2598	2.965589	2.508852	0.456737	3598	4.530596	3.791176	0.739420	4598	14.749985	13.200149	1.549836
1599	2.685250	2.342232	0.343019	2599	2.965334	2.506617	0.458717	3599	4.535845	3.793214	0.742631	4599	14.845632	13.289741	1.555891
1600	2.685084	2.341248	0.343836	2600	2.966879	2.508527	0.458352	3600	4.539409	3.794919	0.744491	4600	14.943150	13.380266	1.562884
1696	2.694172	2.354934	0.339238	2696	3.014377	2.558458	0.455920	3696	4.936403	4.163331	0.773072				
1697	2.693936	2.355171	0.338765	2697	3.015028	2.560131	0.454897	3697	4.939731	4.167348	0.772383				
1698	2.694389	2.354756	0.339633	2698	3.014486	2.558349	0.456137	3698	4.944399	4.172496	0.771902				
1699	2.694281	2.355663	0.338618	2699	3.014831	2.558113	0.456718	3699	4.948435	4.176033	0.772402				
1700	2.694625	2.354934	0.339691	2700	3.014978	2.558024	0.456954	3700	4.951961	4.179419	0.772541				
1796	2.703419	2.367350	0.336069	2796	3.051931	2.596957	0.454974	3796	5.325943	4.526986	0.798958				
1797	2.703222	2.366692	0.336530	2797	3.052493	2.595577	0.456915	3797	5.331161	4.535187	0.795975				
1798	2.703733	2.367517	0.336216	2798	3.051439	2.596139	0.455300	3798	5.335415	4.540327	0.795088				
1799	2.703694	2.368148	0.335546	2799	3.052768	2.598049	0.454719	3799	5.338014	4.539746	0.798268				
1800	2.703752	2.368915	0.334837	2800	3.052818	2.597902	0.454916	3800	5.342376	4.545743	0.796633				
1896	2.712930	2.383202	0.329727	2896	3.084433	2.629803	0.454630	3896	5.723026	4.914802	0.808224				
1897	2.712782	2.382524	0.330258	2897	3.084433	2.629951	0.454482	3897	5.726590	4.918455	0.808135				
1898	2.712999	2.383164	0.329836	2898	3.084158	2.630059	0.454099	3898	5.730627	4.923073	0.807554				
1899	2.713274	2.383853	0.329421	2899	3.084975	2.630985	0.453990	3899	5.734408	4.923910	0.810498				
1900	2.712457	2.382761	0.329696	2900	3.084944	2.629459	0.455486	3900	5.738533	4.929256	0.809278				
1996	2.719035	2.394851	0.324184	2996	3.113480	2.662542	0.450938	3996	6.120373	5.292419	0.827954				
1997	2.720619	2.396122	0.324497	2997	3.113084	2.661577	0.451507	3997	6.124665	5.296397	0.828268				
1998	2.721142	2.397834	0.323308	2998	3.113677	2.664266	0.449411	3998	6.128554	5.297924	0.830631				
1999	2.720887	2.397865	0.323022	2999	3.114405	2.664463	0.449942	3999	6.132316	5.302925	0.829391				
2000	2.715126	2.384109	0.331017	3000	3.114080	2.664413	0.449667	4000	6.136244	5.306814	0.829430				
2096	2.725287	2.404954	0.320333	3096	3.138292	2.688536	0.449756	4096	6.537580	5.688243	0.849338				
2097	2.726233	2.407465	0.318768	3097	3.138331	2.687935	0.450395	4097	6.542179	5.694003	0.848176				
2098	2.726360	2.406175	0.320186	3098	3.140438	2.687935	0.452503	4098	6.546246	5.698168	0.848079				
2099	2.722905	2.400503	0.322402	3099	3.140911	2.686064	0.454847	4099	6.551739	5.703455	0.848284				
2100	2.722630	2.397214	0.325416	3100	3.141166	2.685553	0.455614	4100	6.556210	5.707492	0.848718				
2196	2.731431	2.413008	0.318423	3196	3.163724	2.714146	0.449578	4196	7.012064	6.149977	0.862087				
2197	2.731087	2.412466	0.318621	3197	3.162996	2.713271	0.449725	4197	7.017224	6.155157	0.862067				
2198	2.731137	2.414101	0.317036	3198	3.163577	2.713673	0.449903	4198	7.020827	6.154103	0.866724				
2199	2.731362	2.414081	0.317280	3199	3.163922	2.714688	0.449233	4199	7.026568	6.160936	0.865631				
2200	2.731195	2.414298	0.316897	3200	3.163922	2.714816	0.449105	4200	7.031767	6.166844	0.864922				
2296	2.737358	2.422224	0.315134	3296	3.185189	2.738397	0.446793	4296	7.545047	6.669658	0.875390				
2297	2.737575	2.422077	0.315498	3297	3.185375	2.737738	0.447637	4297	7.548681	6.669185	0.879496				
2298	2.736758	2.422333	0.314425	3298	3.186352	2.739904	0.446448	4298	7.554205	6.673311	0.880895				
2299	2.736866	2.421988	0.314879	3299	3.186754	2.739303	0.447451	4299	7.560585	6.680872	0.879713				
2300	2.736413	2.421662	0.314751	3300	3.187208	2.740446	0.446762	4300	7.565951	6.686269	0.879682				
2396	2.741899	2.430476	0.311423	3396	3.205934	2.760679	0.445255	4396	8.149341	7.250077	0.899265				
2397	2.741848	2.430150	0.311698	3397	3.205314	2.758770	0.446545	4397	8.155613	7.254714	0.900899				
2398	2.741995	2.430239	0.311756	3398	3.206368	2.759695	0.446673	4398	8.161610	7.258820	0.902790				
2399	2.742026	2.429894	0.312132	3399	3.206240	2.760679	0.445561	4399	8.169338	7.267711	0.901628				
2400	2.741682	2.429422	0.312260	3400	3.206802	2.762097	0.444705	4400	8.175010	7.274072	0.900938				
2496	2.746753	2.436128	0.310625	3496	3.228236	2.788653	0.439583	4496	8.882365	7.944327	0.938038				
2497	2.746280	2.434167	0.312113	3497	3.226307	2.781800	0.444507	4497	8.890617	7.951563	0.939053				
2498	2.746772	2.437150	0.309622	3498	3.225509	2.780529	0.444980	4498	8.898070	7.959726	0.938344				
2499	2.746772	2.435368	0.311404	3499	3.226001	2.781091	0.444910	4499	8.905287	7.965339	0.939948				
2500	2.746497	2.435457	0.311040	3500	3.226090	2.781327	0.444763	4500	8.914139	7.975175	0.938964				

Anexo 6-39 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 6 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR																																
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETITIVA																																
ELABORADO POR: Tere Franch Merida - Andrés Sánchez															CANTERA: Papallusa																	
LOCALIZACIÓN: (km)															RECU: 25mm/5																	
NORMA: NCEP- 58															MUESTRA: #6 CON GEOMALLA																	
DATOS:																																
L= 303.3 mm																																
D= 149.35 mm																																
Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica			Edadura Cílica		
68.9 kPa			137.9 kPa			275.8 kPa			453.7 kPa			551.6 kPa			685 kPa			885 kPa			885 kPa			885 kPa			885 kPa			885 kPa		
#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)	#Cíc	Deformación MM (mm)	Deformación MM (mm)			
158	1.75477	1.59476	1.58755	258	1.85189	1.59810	1.62008	358	1.71844	1.20758	1.49554	458	1.88285	1.53584	1.55585	558	1.70737	1.46236	1.48481	658	1.88361	1.47435	1.55828	757	1.87595	1.20554	1.48623	857	1.45555	1.14857	1.03274	
159	1.75477	1.59508	1.58759	259	1.85202	1.59810	1.62013	359	1.71758	1.20823	1.49551	459	1.88292	1.53528	1.55587	559	1.71848	1.46262	1.48533	659	1.87570	1.47458	1.55828	759	1.87606	1.20575	1.48629	859	1.45562	1.14884	1.03276	
158	1.75232	1.59471	1.58522	258	1.85202	1.59846	1.62048	358	1.71920	1.20803	1.49578	458	1.88271	1.53582	1.55585	558	1.71848	1.46262	1.48533	658	1.87570	1.47458	1.55838	757	1.87606	1.20575	1.48629	857	1.45562	1.14884	1.03276	
158	1.75234	1.59454	1.58527	259	1.85081	1.59815	1.62045	359	1.72037	1.20820	1.49548	459	1.88088	1.53582	1.55582	559	1.72038	1.47078	1.48528	659	1.87555	1.47458	1.55838	759	1.87628	1.20585	1.48640	859	1.45558	1.14888	1.03278	
160	1.75594	1.59476	1.58589	260	1.85738	1.59827	1.62045	360	1.72074	1.20879	1.49548	460	1.88284	1.53582	1.55582	560	1.72108	1.47078	1.48528	660	1.87555	1.47458	1.55838	760	1.87628	1.20585	1.48640	860	1.45558	1.14888	1.03278	
160	1.74882	1.59501	1.58495	260	1.85888	1.59843	1.62023	360	1.72025	1.21248	1.49878	460	1.88288	1.53538	1.55874	560	1.69888	1.52002	1.49512	660	1.87874	1.47522	1.56131	760	1.87585	1.21248	1.49878	860	1.45874	1.14922	1.03301	
160	1.74882	1.59552	1.58582	261	1.86134	1.59873	1.62041	361	1.72036	1.21287	1.49940	461	1.88287	1.53587	1.55874	561	1.69895	1.52048	1.49513	661	1.87874	1.47522	1.56131	761	1.87585	1.21248	1.49878	861	1.45874	1.14922	1.03301	
168	1.74882	1.59568	1.58648	268	1.86789	1.59835	1.62044	368	1.72095	1.21287	1.49947	468	1.88621	1.53586	1.55877	568	1.69895	1.52048	1.49513	668	1.87874	1.47522	1.56131	768	1.87585	1.21248	1.49878	868	1.45874	1.14922	1.03301	
168	1.74823	1.59586	1.58688	268	1.86789	1.59878	1.62038	368	1.72021	1.21281	1.49898	468	1.87874	1.53585	1.55874	568	1.69874	1.52048	1.49513	668	1.87874	1.47522	1.56131	768	1.87585	1.21248	1.49878	868	1.45874	1.14922	1.03301	
170	1.74884	1.59622	1.58642	270	1.86891	1.59881	1.62038	370	1.72021	1.21257	1.49875	470	1.87898	1.53582	1.55874	570	1.69898	1.52048	1.49513	670	1.87874	1.47522	1.56131	770	1.87585	1.21248	1.49878	870	1.45874	1.14922	1.03301	
170	1.74771	1.59581	1.58621	270	1.86823	1.59854	1.62044	370	1.69884	1.52076	1.49878	470	1.87898	1.53582	1.55874	570	1.69898	1.52048	1.49513	670	1.87874	1.47522	1.56131	770	1.87585	1.21248	1.49878	870	1.45874	1.14922	1.03301	
170	1.74888	1.59581	1.58627	271	1.86827	1.59842	1.62037	371	1.69821	1.52083	1.49878	471	1.87898	1.53582	1.55874	571	1.69898	1.52048	1.49513	671	1.87874	1.47522	1.56131	771	1.87585	1.21248	1.49878	871	1.45874	1.14922	1.03301	
170	1.74740	1.59566	1.58646	270	1.86872	1.59844	1.62040	370	1.69823	1.52081	1.49878	470	1.87898	1.53582	1.55874	570	1.69898	1.52048	1.49513	670	1.87874	1.47522	1.56131	770	1.87585	1.21248	1.49878	870	1.45874	1.14922	1.03301	
170	1.74758	1.59537	1.58642	270	1.86861	1.59842	1.62038	370	1.69828	1.52081	1.49878	470	1.87898	1.53582	1.55874	570	1.69898	1.52048	1.49513	670	1.87874	1.47522	1.56131	770	1.87585	1.21248	1.49878	870	1.45874	1.14922	1.03301	
180	1.74794	1.59564	1.58680	280	1.86834	1.59841	1.62042	380	1.69829	1.52085	1.49880	480	1.87898	1.53582	1.55874	580	1.69898	1.52048	1.49513	680	1.87874	1.47522	1.56131	780	1.87585	1.21248	1.49878	880	1.45874	1.14922	1.03301	
180	1.74630	1.59583	1.58777	280	1.87044	1.59847	1.62035	380	1.69876	1.52086	1.49880	480	1.87898	1.53582	1.55874	580	1.69898	1.52048	1.49513	680	1.87874	1.47522	1.56131	780	1.87585	1.21248	1.49878	880	1.45874	1.14922	1.03301	
180	1.74642	1.59582	1.58782	281	1.87038	1.59847	1.62035	381	1.69876	1.52081	1.49878	481	1.87898	1.53582	1.55874	581	1.69898	1.52048	1.49513	681	1.87874	1.47522	1.56131	781	1.87585	1.21248	1.49878	881	1.45874	1.14922	1.03301	
180	1.74637	1.59583	1.58784	280	1.87038	1.59846	1.62035	380	1.69876	1.52081	1.49878	480	1.87898	1.53582	1.55874	580	1.69898	1.52048	1.49513	680	1.87874	1.47522	1.56131	780	1.87585	1.21248	1.49878	880	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898	1.53582	1.55874	590	1.69898	1.52048	1.49513	690	1.87874	1.47522	1.56131	790	1.87585	1.21248	1.49878	890	1.45874	1.14922	1.03301	
190	1.74630	1.59582	1.58783	290	1.87038	1.59846	1.62035	390	1.69876	1.52081	1.49878	490	1.87898																			

Anexo 6-40 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 7 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 27-may-15
MUESTRA: # 7 CON GEOMALLA

L = 302.89 mm D = 149.16 mm		Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa			Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa			Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa			Esfuerzo Cíclico 413.7 KPa			Esfuerzo Cíclico 551.6 KPa			Esfuerzo Cíclico 689.5 KPa		
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	1.664328	1.507148	0.157180	2596	1.778620	1.508488	0.270131	3596	2.713802	2.249162	0.464640	4596	4.387049	3.710572	0.676477	5596	7.738344	6.886065	0.852279
1597	1.664347	1.506881	0.157467	2597	1.778562	1.508450	0.270112	3597	2.715201	2.249743	0.465458	4597	4.390357	3.713388	0.676969	5597	7.742272	6.889757	0.852515
1598	1.664219	1.506625	0.157594	2598	1.778511	1.508558	0.269953	3598	2.715348	2.249852	0.465496	4598	4.392612	3.716135	0.676477	5598	7.745925	6.892809	0.853115
1599	1.664800	1.506516	0.158284	2599	1.778837	1.508686	0.270151	3599	2.716746	2.250708	0.466039	4599	4.394596	3.717789	0.677167	5599	7.750109	6.896629	0.853480
1600	1.664456	1.506791	0.157664	2600	1.778747	1.508705	0.270042	3600	2.716963	2.251269	0.465694	4600	4.398283	3.720606	0.677678	5600	7.753979	6.900588	0.853390
1696	1.662968	1.505296	0.157672	2696	1.781723	1.509406	0.272316	3696	2.772523	2.302475	0.470048	4696	4.592223	3.906716	0.685507	5696	8.092167	7.219674	0.872493
1697	1.662546	1.505424	0.157122	2697	1.782048	1.509592	0.272456	3697	2.772887	2.302819	0.470067	4697	4.593819	3.908626	0.685193	5697	8.095130	7.222874	0.872256
1698	1.663057	1.505591	0.157467	2698	1.782451	1.509406	0.273044	3698	2.773321	2.302839	0.470482	4698	4.595492	3.910349	0.685143	5698	8.098605	7.226054	0.872551
1699	1.662712	1.505571	0.157141	2699	1.781773	1.509771	0.272002	3699	2.773832	2.303401	0.470432	4699	4.596654	3.912457	0.684198	5699	8.101727	7.229324	0.872404
1700	1.662732	1.505316	0.157416	2700	1.782048	1.510007	0.272041	3700	2.773921	2.303982	0.469940	4700	4.598743	3.913677	0.685065	5700	8.104799	7.231400	0.873399
1796	1.661965	1.503592	0.158373	2796	1.785004	1.511762	0.273242	3796	2.812041	2.340702	0.471338	4796	4.733934	4.048811	0.685124	5796	8.376157	7.493939	0.882259
1797	1.660969	1.503592	0.157377	2797	1.785004	1.511801	0.273203	3797	2.813044	2.341214	0.471830	4797	4.735952	4.050150	0.685763	5797	8.379378	7.497030	0.882348
1798	1.661314	1.503100	0.158214	2798	1.784748	1.511909	0.272839	3798	2.812877	2.341578	0.471299	4798	4.733568	4.052355	0.685213	5798	8.381669	7.498920	0.882948
1799	1.660969	1.503425	0.157544	2799	1.784551	1.511762	0.272789	3799	2.813606	2.341814	0.471791	4799	4.738238	4.053734	0.684594	5799	8.383887	7.501539	0.882348
1800	1.660675	1.503100	0.157575	2800	1.784640	1.511998	0.272642	3800	2.814136	2.341961	0.471215	4800	4.739183	4.055733	0.683450	5800	8.386634	7.504228	0.882406
1896	1.661659	1.503936	0.157722	2896	1.788471	1.514993	0.273478	3896	2.842931	2.369346	0.473585	4896	4.843170	4.160116	0.683055	5896	8.609046	7.726230	0.882817
1897	1.661294	1.503809	0.157486	2897	1.788382	1.515415	0.272967	3897	2.843423	2.369544	0.473879	4897	4.843860	4.160646	0.683214	5897	8.611684	7.728306	0.883378
1898	1.661895	1.504409	0.157486	2898	1.789219	1.515140	0.274079	3898	2.843621	2.369613	0.474007	4898	4.845334	4.161956	0.683578	5898	8.613447	7.730409	0.883398
1899	1.662003	1.503661	0.158342	2899	1.788490	1.515465	0.273025	3899	2.843532	2.370105	0.473426	4899	4.846332	4.163680	0.682652	5899	8.615357	7.732432	0.882925
1900	1.662112	1.504084	0.158028	2900	1.788835	1.515702	0.273134	3900	2.844151	2.369722	0.474429	4900	4.847641	4.163935	0.683706	5900	8.617534	7.734706	0.882828
1996	1.660841	1.502972	0.157869	2996	1.790884	1.517061	0.273823	3996	2.869006	2.394495	0.474511	4996	4.932142	4.251036	0.681106	5996	8.811194	7.925553	0.885641
1997	1.660805	1.502883	0.157722	2997	1.791249	1.517228	0.274021	3997	2.869409	2.394418	0.474991	4997	4.932851	4.252070	0.680781	5997	8.812887	7.926882	0.886005
1998	1.660566	1.502755	0.157811	2998	1.791268	1.517317	0.273951	3998	2.869843	2.394476	0.475367	4998	4.933855	4.252888	0.680967	5998	8.815142	7.929098	0.886044
1999	1.661314	1.502794	0.158520	2999	1.791446	1.517317	0.274129	3999	2.869479	2.394910	0.474569	4999	4.934525	4.252996	0.681529	5999	8.816412	7.931008	0.885404
2000	1.660586	1.502883	0.157703	3000	1.791376	1.517317	0.274059	4000	2.869990	2.395127	0.474863	5000	4.934525	4.253833	0.680892	6000	8.819012	7.933115	0.885896
2096	1.660279	1.501937	0.158342	3096	1.793918	1.519820	0.274098	4096	2.892904	2.417685	0.475220	5096	5.006994	4.328882	0.678112	6096	8.959545	8.108553	0.873792
2097	1.660388	1.502104	0.158284	3097	1.793987	1.519839	0.274149	4097	2.892866	2.416209	0.476657	5097	5.007141	4.328813	0.678329	6097	8.958180	8.110749	0.874340
2098	1.660260	1.502046	0.158214	3098	1.793987	1.520095	0.273893	4098	2.892010	2.415864	0.476146	5098	5.008106	4.329285	0.678821	6098	9.000070	8.112806	0.874264
2099	1.660586	1.501848	0.158737	3099	1.793937	1.520095	0.273843	4099	2.894047	2.420365	0.473682	5099	5.008923	4.330959	0.677965	6099	9.001507	8.114894	0.886613
2100	1.660675	1.501937	0.158737	3100	1.794607	1.520075	0.274532	4100	2.893772	2.420896	0.472876	5100	5.008923	4.330959	0.678418	6100	9.003309	8.116204	0.887105
2196	1.658567	1.499249	0.159318	3196	1.795808	1.521671	0.274137	4196	2.911821	2.435214	0.476607	5196	5.071526	4.393030	0.678495	6196	9.164014	8.274813	0.889201
2197	1.658912	1.499121	0.159791	3197	1.796440	1.521818	0.274621	4197	2.912255	2.435361	0.476893	5197	5.071998	4.393886	0.678112	6197	9.166179	8.276851	0.889329
2198	1.658606	1.499141	0.159465	3198	1.795859	1.521838	0.274021	4198	2.912185	2.435125	0.477080	5198	5.072854	4.394832	0.678023	6198	9.166799	8.278396	0.888403
2199	1.658625	1.499338	0.159287	3199	1.796459	1.521563	0.274896	4199	2.912677	2.435361	0.477316	5199	5.073269	4.395126	0.678143	6199	9.169232	8.282414	0.888618
2200	1.659462	1.499338	0.160124	3200	1.796095	1.521729	0.274365	4200	2.913161	2.435706	0.477455	5200	5.073761	4.395630	0.678131	6200	9.170758	8.281596	0.889162
2296	1.658478	1.498393	0.160085	3296	1.797602	1.522469	0.275133	4296	2.930245	2.453844	0.476401	5296	5.125293	4.453800	0.675493	6296	9.316801	8.427050	0.889751
2297	1.658478	1.498393	0.160085	3297	1.797582	1.522539	0.275043	4297	2.930226	2.453313	0.476913	5297	5.129696	4.454381	0.675315	6297	9.318780	8.428704	0.890076
2298	1.658842	1.498432	0.160411	3298	1.797710	1.522833	0.274877	4298	2.931210	2.453569	0.477641	5298	5.130297	4.455377	0.674920	6298	9.319272	8.430594	0.888678
2299	1.658370	1.498393	0.159977	3299	1.797838	1.522833	0.275005	4299	2.930865	2.453588	0.477277	5299	5.130800	4.454873	0.675927	6299	9.320926	8.431904	0.889023
2300	1.658133	1.498284	0.159949	3300	1.798222	1.522597	0.275625	4300	2.931043	2.453569	0.477474	5300	5.131803	4.456183	0.675621	6300	9.323053	8.432971	0.890262
2396	1.659698	1.500241	0.159357	3396	1.800162	1.524813	0.275349	4396	2.946147	2.468526	0.477622	5396	5.181556	4.509728	0.671828	6396	9.461692	8.567936	0.893756
2397	1.659749	1.500303	0.159446	3397	1.799670	1.524410	0.275260	4397	2.947073	2.468634	0.478439	5397	5.181389	4.509708	0.671681	6397	9.463219	8.569412	0.893807
2398	1.659532	1.500578	0.158954	3398	1.800360	1.524046	0.276314	4398	2.947093	2.469285	0.477808	5398	5.182009	4.510073	0.67193				

Anexo 6-41 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 8 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA (NCHRP - 38)

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACIÓN: Químico
NORMA: NChRP-598

CANTERA: Papallacta
FECHA: 01-jun-15
MUESTRA: #8 CON GEOMALLA

DATON:

L= 304.56 mm
D= 148.89 mm

[illegible]

Anexo 6-42 Tabla de la Deformación Permanente Muestra # 9 Con Geomalla

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR ENSAYO TRIAXIAL DE CARGA REPETIDA

ELABORADO POR: Tesis Fausto Miranda - Andrés Sánchez
LOCALIZACION: Quito
NORMA : NCHRP - 598

CANTERA : Papallacta
FECHA : 02-jun-15
MUESTRA: # 9 CON GEOMALLA

DATOS:

L = 304.63 mm
D = 148.89 mm

Esfuerzo Cíclico 68.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 137.9 KPa				Esfuerzo Cíclico 275.8 KPa			
# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)	# Ciclo	Deformación MAX (mm)	Deformación MIN(mm)	Deformación Max - Min (mm)
1596	4.622235	4.227495	0.394739	2596	4.995652	4.491735	0.503918	3596	7.146382	6.412219	0.734163
1597	4.623308	4.229150	0.394158	2597	4.995722	4.490208	0.505514	3597	7.151403	6.416856	0.734547
1598	4.624164	4.228727	0.395437	2598	4.997287	4.492060	0.505227	3598	7.156927	6.419928	0.736999
1599	4.624579	4.231563	0.393016	2599	4.997760	4.492188	0.505572	3599	7.161800	6.424526	0.737274
1600	4.624292	4.231180	0.393112	2600	4.998379	4.493025	0.505355	3600	7.167561	6.429016	0.738545
1696	4.639850	4.269895	0.369954	2696	5.072344	4.569185	0.503158	3696	7.765351	6.941894	0.823457
1697	4.640667	4.270190	0.370477	2697	5.072797	4.569658	0.503139	3697	7.772932	6.947624	0.825309
1698	4.640214	4.269500	0.370713	2698	5.073123	4.570259	0.502864	3698	7.779076	6.955255	0.823821
1699	4.640194	4.270751	0.369443	2699	5.073832	4.570475	0.503356	3699	7.785565	6.961527	0.824038
1700	4.639830	4.269973	0.369857	2700	5.074068	4.571332	0.502736	3700	7.792073	6.968380	0.823693
1796	4.650030	4.284694	0.365337	2796	5.135527	4.629828	0.505700	3796	8.452523	7.586934	0.865589
1797	4.650956	4.285097	0.365859	2797	5.136325	4.630517	0.505808	3797	8.459268	7.593837	0.865431
1798	4.650739	4.286220	0.364519	2798	5.136197	4.630843	0.505355	3798	8.465826	7.600128	0.865698
1799	4.650956	4.285856	0.365100	2799	5.136817	4.630734	0.506083	3799	8.472520	7.606509	0.866012
1800	4.650720	4.285728	0.364992	2800	5.138088	4.632299	0.505789	3800	8.479552	7.612908	0.866643
1896	4.662880	4.303215	0.359665	2896	5.187201	4.690737	0.496464	3896	9.196065	8.297935	0.898130
1897	4.662407	4.300832	0.361575	2897	5.187112	4.689447	0.497665	3897	9.203666	8.305989	0.897677
1898	4.663008	4.301778	0.361230	2898	5.187713	4.690392	0.497320	3898	9.211406	8.312842	0.898564
1899	4.662771	4.303215	0.359557	2899	5.187910	4.690954	0.496956	3899	9.220168	8.321476	0.898692
1900	4.661571	4.301127	0.360444	2900	5.187457	4.689575	0.497882	3900	9.227967	8.329147	0.898820
1996	4.673022	4.315030	0.357992	2996	5.233064	4.745049	0.488015	3996	10.054758	9.116681	0.938078
1997	4.672658	4.313593	0.359065	2997	5.233498	4.744468	0.489030	3997	10.065323	9.129619	0.935703
1998	4.673839	4.315119	0.358720	2998	5.234827	4.745285	0.489542	3998	10.075267	9.137782	0.937485
1999	4.674184	4.314991	0.359192	2999	5.234099	4.745049	0.489050	3999	10.085389	9.147087	0.938303
2000	4.674459	4.317265	0.357194	3000	5.234246	4.745305	0.488941	4000	10.094497	9.156303	0.938194
2096	4.683164	4.331878	0.351286	3096	5.274163	4.788836	0.485327	4096	11.152836	10.162619	0.990217
2097	4.683183	4.332095	0.351088	3097	5.274380	4.789673	0.484707	4097	11.165360	10.174837	0.990523
2098	4.683617	4.333098	0.350519	3098	5.274744	4.790056	0.484688	4098	11.178338	10.188109	0.990228
2099	4.683745	4.333296	0.350449	3099	5.275089	4.790707	0.484382	4099	11.191501	10.201195	0.990306
2100	4.683745	4.333168	0.350577	3100	5.275344	4.791327	0.484017	4100	11.204793	10.214754	0.990039
2196	4.692616	4.344472	0.348144	3196	5.311972	4.831263	0.480709				
2197	4.692163	4.344708	0.347455	3197	5.312406	4.832534	0.479872				
2198	4.691415	4.343546	0.347869	3198	5.312150	4.831243	0.480907				
2199	4.692616	4.344708	0.347908	3199	5.312859	4.831844	0.481015				
2200	4.691799	4.343693	0.348105	3200	5.312879	4.832878	0.480000				
2296	4.701301	4.360975	0.340327	3296	5.346376	4.867635	0.478741				
2297	4.701142	4.360886	0.340257	3297	5.345795	4.866887	0.478908				
2298	4.702068	4.361052	0.341016	3298	5.346779	4.866926	0.479853				
2299	4.701468	4.361722	0.339745	3299	5.346760	4.867162	0.479597				
2300	4.701960	4.362195	0.339765	3300	5.346888	4.867271	0.479617				
2396	4.707484	4.366321	0.341163	3396	5.379370	4.900443	0.478927				
2397	4.707523	4.366449	0.341074	3397	5.379409	4.900226	0.479183				
2398	4.707465	4.366557	0.340908	3398	5.379715	4.902442	0.477273				
2399	4.707848	4.366813	0.341035	3399	5.379607	4.902353	0.477254				
2400	4.708557	4.368409	0.340148	3400	5.379734	4.901260	0.478474				
2496	4.713175	4.372682	0.340493	3496	5.405453	4.917260	0.488194				
2497	4.713647	4.372937	0.340710	3497	5.405926	4.919131	0.486795				
2498	4.713717	4.373499	0.340218	3498	5.406763	4.919111	0.487651				
2499	4.713500	4.371519	0.341981	3499	5.406960	4.919751	0.487210				
2500	4.713884	4.372356	0.341527	3500	5.407580	4.920460	0.487120				